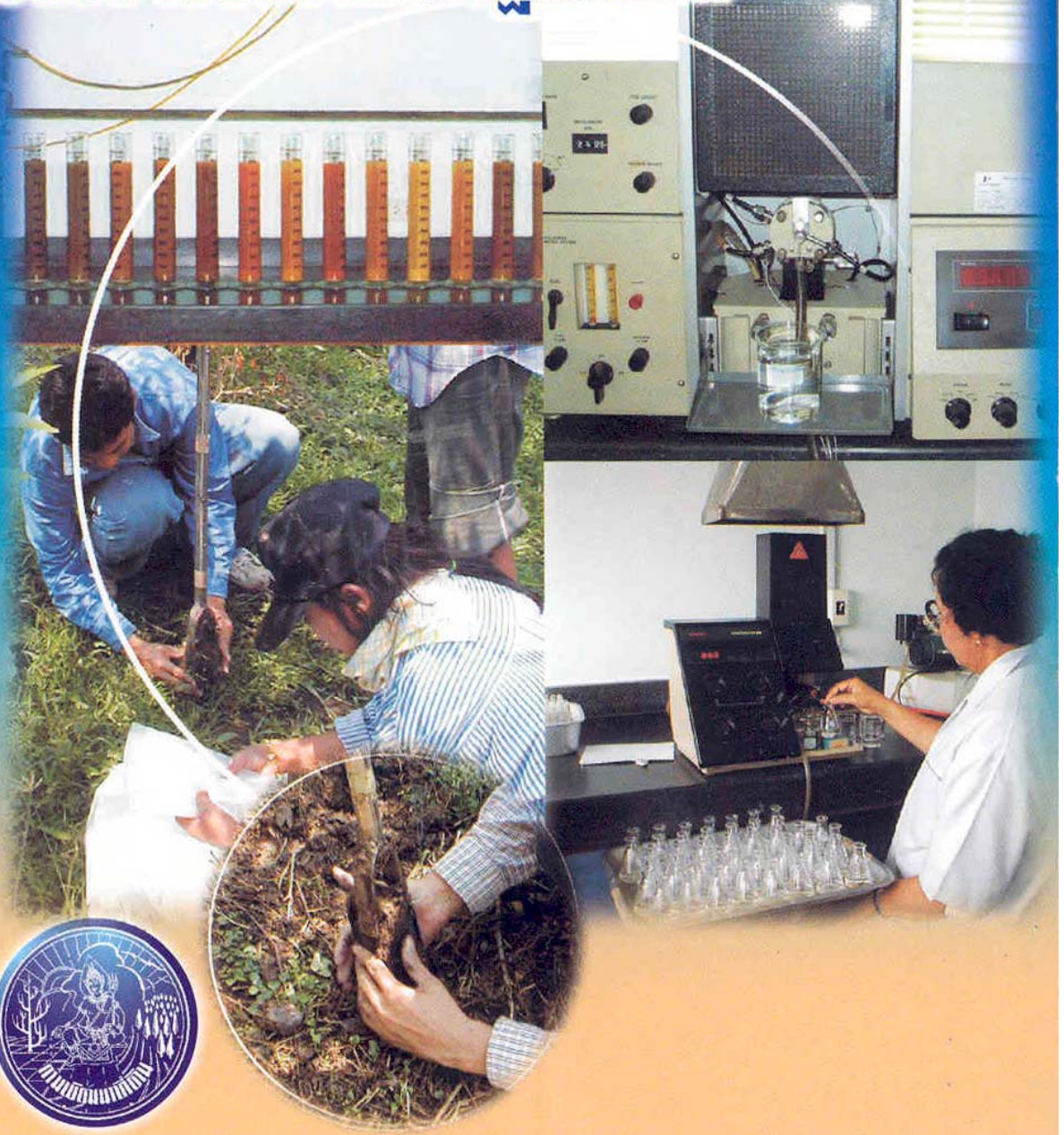




คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช วัสดุปรับปรุงดิน และการวิเคราะห์ เพื่อตรวจสอบรองมาตรฐานสินค้า





คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช
วัสดุปรับปรุงดิน และการวิเคราะห์
เพื่อตรวจรับรองมาตรฐานสินค้า
เล่มที่ 1

สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน
กรมพัฒนาที่ดิน 2547



คำนำ

คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พีช วัสดุปรับปรุงดิน และการวิเคราะห์เพื่อตรวจรับรองมาตรฐานสินค้านี้ จัดทำขึ้นเพื่อใช้ประโยชน์ในการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พีช วัสดุปรับปรุงดิน ในสำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน และกลุ่มวิเคราะห์ดิน สำนักงานพัฒนาที่ดินเขตต่าง ๆ ให้มีการวิเคราะห์ที่เป็นมาตรฐานเดียวกัน โดยมีการแบ่งเนื้อหาออกเป็น 2 เล่ม 6 ส่วน คือ

เล่มที่ 1

ส่วนที่ 1 กายภาพดิน

ส่วนที่ 2 เคมีดิน

เล่มที่ 2

ส่วนที่ 3 สิ่งแวดล้อมดิน

ส่วนที่ 4 พีช ปุ๋ย และวัสดุปรับปรุงดิน

ส่วนที่ 5 มาตรฐานสินค้าประเภทปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

ส่วนที่ 6 วิจัยบริการ

การรวบรวมคู่มือวิเคราะห์ที่ใช้ปฏิบัติงานในส่วนฯ ต่าง ๆ ของสำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดินเข้าด้วยกันนี้เป็นการรวบรวมครั้งแรกจึงอาจจะมีข้อผิดพลาดหลายประการ หากผู้ใช้คู่มือนี้พบข้อผิดพลาดต่าง ๆ กรุณาส่งข้อผิดพลาดดังกล่าวมายังผู้ประสานงานเพื่อการแก้ไขต่อไป

สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดินหวังว่าคู่มือเล่มนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการวิเคราะห์ และงานวิจัยในห้องปฏิบัติการของกรมพัฒนาที่ดิน

นายณรงค์ ชินบุตร

ผู้อำนวยการสำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน

กันยายน 2547



สารบัญ

เล่มที่ 1	หน้า
ส่วนที่ 1 กายภาพดิน	1
การเก็บตัวอย่างดิน และการเตรียมตัวอย่างดินเพื่อวิเคราะห์	3
การวิเคราะห์ขนาดของอนุภาคดิน	5
ความชื้นของดินที่แรงดึงบรรยากาศต่างๆ	21
ความหนาแน่นรวมของดิน	25
ความหนาแน่นของอนุภาคดิน	30
ความชื้นในดิน	34
การวัดการนำน้ำของดินในสภาพที่อิ่มตัวในห้องปฏิบัติการ	39
ส่วนที่ 2 เคมีดิน	45
การเก็บตัวอย่างและการเตรียมตัวอย่างดินเพื่อการวิเคราะห์	47
วิธีวิเคราะห์ปฏิกิริยาของดิน	55
วิธีวิเคราะห์ความเป็นกรดของดิน	61
วิธีวิเคราะห์ความต้องการปุ๋ย	70
วิธีวิเคราะห์ค่าการนำไฟฟ้า	80
วิธีวิเคราะห์ความต้องการยิปซัม	101
วิธีวิเคราะห์อินทรีย์วัตถุในดิน	104
วิธีวิเคราะห์ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน	110
วิธีวิเคราะห์ธาตุต่างๆ ในดิน	125
เล่มที่ 2	
ส่วนที่ 3 สิ่งแวดล้อมดิน	1
การเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อการวิเคราะห์	3
การวิเคราะห์ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)	7



สารบัญ

	หน้า
การวิเคราะห์ค่าการนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity, EC)	11
การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งในน้ำ	14
การวิเคราะห์ความขุ่น (Turbidity)	18
การวิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนียมและไนเตรทไอออน	22
การวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัส	28
การวิเคราะห์ปริมาณโซเดียม และโพแทสเซียม	34
การวิเคราะห์ปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียม (Ca, Mg)	40
การวิเคราะห์ปริมาณอะลูมิเนียม (Al)	45
การวิเคราะห์ปริมาณคลอไรด์	50
การวิเคราะห์ปริมาณซัลเฟตไอออนในน้ำ	55
การวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนต-ไบคาร์บอเนตในน้ำ	60
การวิเคราะห์ปริมาณโลหะต่างๆ ในน้ำโดยใช้เทคนิค Atomic Absorption Spectrometry	65
มาตรฐานคุณภาพน้ำ	74
ส่วนที่ 4 พีช ปุ๋ย และวัสดุปรับปรุงดิน	79
การวิเคราะห์ตัวอย่างพีช ปุ๋ย และวัสดุปรับปรุงดิน	81
การเก็บและเตรียมตัวอย่างพีช	82
น้ำหนักแห้ง (Dry weight)	86
ไนโตรเจน (Total N)	88
การเตรียมตัวอย่างพีชในรูปสารละลาย (aliquot)	95
ฟอสฟอรัส (Total P)	99
โพแทสเซียม (Total K)	104
โซเดียม (Total Na)	107
กำมะถัน (Total S)	110



สารบัญ

	หน้า
คลอไรด์ (Total Chloride)	114
อะลูมิเนียม (Total Aluminum)	118
การตรวจสอบคุณภาพของปุ๋ยอินทรีย์กับการวิเคราะห์ที่จำเป็น	123
การสุ่มตัวอย่างและเตรียมตัวอย่างปุ๋ย	126
อินทรีย์คาร์บอน (Total C)	128
ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)	132
ค่าการนำไฟฟ้า (Electrical conductivity)	134
การตรวจสอบขนาดของวัสดุจำพวกปุ๋ย	137
ความชื้นวัสดุจำพวกปุ๋ยและปุ๋ยอินทรีย์	141
การวิเคราะห์แคลเซียมและแมกนีเซียมในพืชและปุ๋ย โดยวิธีอะตอมมิคแอบซอร์พชัน สเปคโทรสโกปี	144
การวิเคราะห์ Fe, Mn, Zn, Cu ในพืชและปุ๋ย โดยวิธีอะตอมมิคแอบซอร์พชัน สเปคโทรสโกปี	149
การวิเคราะห์แคลเซียมออกไซด์และแมกนีเซียมออกไซด์ในปุ๋ย	152
การวิเคราะห์ค่าสมมูลแคลเซียมคาร์บอเนตในปุ๋ย	155
การวิเคราะห์สิ่งเจือปนในปุ๋ยอินทรีย์	160
การวิเคราะห์หยาบซั่มในปุ๋ย	164
ภาคผนวก	165
ส่วนที่ 5 มาตรฐานสินค้าประเภทปัจจัยการผลิตทางเกษตร	173
วิธีเก็บตัวอย่าง	175
ขั้นตอนการส่งตัวอย่าง	177
ขั้นตอนการประเมินผลวิเคราะห์	180
รายการวิเคราะห์ตัวอย่างสินค้าพอสังเขป	181
ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)	183



สารบัญ

	หน้า
ค่าการนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity)	186
การหาความชื้นโดยการอบแห้ง (Oven-dried method)	189
การวิเคราะห์พารามิเตอร์อื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง	192
การตรวจสอบขนาดอนุภาค	195
การตรวจสอบการเจริญเติบโตของพืช	197
ส่วนที่ 6 วิจัยบริการ	203
การเก็บตัวอย่างและการเตรียมตัวอย่างดิน เพื่อการวิเคราะห์ดินเค็มอื่นที่	205
วิธีวิเคราะห์ความเป็นกรดเป็นด่างและความต้องการปุ๋ยของดิน	211
วิธีวิเคราะห์ความเค็มของดิน	224
วิธีสกัดดินด้วยสารละลาย Double Acid (DA)	228
วิธีวิเคราะห์ฟอสฟอรัส (P)	231
วิธีวิเคราะห์โพแทสเซียม (K ⁺)	239
วิธีวิเคราะห์แคลเซียม (Ca ⁺²)	246



สารบัญตาราง

เล่มที่ 1	หน้า
ตารางที่	
1.1 ตัวอย่างการคำนวณหาการกระจายขนาดอนุภาคดิน โดยวิธี Hydrometer สมมุติ ซั่งดิน 50 g ล้างอินทรีย์วัตถุแล้ว เหลือน้ำหนักดิน 40.00 g	14
1.2 การจำแนกอนุภาคเดี่ยวขนาดโตตามระบบ กระทรวงเกษตรสหรัฐอเมริกา	19
1.3 ความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อดินและการอุ้มน้ำของดิน ที่สภาวะต่างๆ (% ความชื้นโดยน้ำหนัก)	23
2.1 ปริมาณความต้องการปุ๋ยโดยวิธีสารละลายบัพเฟอร์ ของ Woodruff	75
2.2 ความต้องการปุ๋ยโดยวิธีอะลูมินัมแลกเปลี่ยนได้	78
เล่มที่ 2	
3.1 แนวทางสำหรับแปลค่าวิเคราะห์โซเดียมและโพแทสเซียม ในน้ำเพื่อการเกษตร	38
3.2 แนวทางสำหรับแปลค่าวิเคราะห์คลอไรด์ในน้ำเพื่อการเกษตร	53
3.3 ช่วงความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานที่เหมาะสม ในการวิเคราะห์โลหะหนักในน้ำ	68
3.4 ค่าสูงสุดของโลหะต่างๆ ที่แนะนำให้มีได้ในน้ำ ที่ใช้ในการเพาะปลูกพืช	72
3.5 การกำหนดคุณภาพน้ำที่ใช้ในการบริโภคและการเพาะปลูก	76
6.1 ระดับความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH _w 1:1)	215
6.2 ช่วงของความเป็นกรด-ด่าง ของดินที่มีผลกระทบต่อ เจริญเติบโต และแนวทางแก้ไขปรับปรุงดิน	216
6.3 pH กับชนิดและปริมาณปุ๋ยที่ต้องการใช้เพื่อปรับสภาพ ความเป็นกรดของดิน	220



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
6.4 ค่า EC _{1:5} โดยประมาณที่แปลงจาก EC ₅₀ จัดเป็น 4 ช่วง ของปริมาณดินเหนียว (Peverill et al., 1999) และผลกระทบ ที่จะทำให้ผลผลิตพืชลดลง 10% (Mass and Hoffman, 1997)	225
6.5 การใช้ Hand diluter	233
6.6 หลักการประเมินปริมาณฟอสฟอรัส (P) ในรูปที่เป็นประโยชน์ที่สกัดด้วย DA (ดินทราย)	235
6.7 หลักการประเมินปริมาณฟอสฟอรัส (P) ในรูปที่เป็นประโยชน์ที่สกัดด้วย DA (ดินเหนียว)	236
6.8 เนื้อดินกับสัดส่วนที่ใช้ในการทำให้สารละลาย ที่สกัดได้เจือจาง	241
6.9 หลักการประเมินปริมาณโพแทสเซียม ในรูปที่เป็นประโยชน์ที่สกัดด้วย DA	243
6.10 เนื้อดินกับสัดส่วนที่ใช้ในการทำให้สารละลาย ที่สกัดได้เจือจาง	248
6.11 หลักการประเมินแคลเซียม ในรูปที่เป็นประโยชน์ที่สกัดด้วย (DA)	250



สารบัญตารางผนวก

ตารางผนวกที่	หน้า
4.1 ผลวิเคราะห์ทางเคมีของวัสดุจากพืชชนิดต่างๆ	165
4.2 ผลวิเคราะห์ทางเคมีของวัสดุจากสัตว์ชนิดต่างๆ	167
4.3 ผลวิเคราะห์ทางเคมีของวัสดุเหลือทิ้ง จากโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ	168
4.4 ผลวิเคราะห์ทางเคมีของปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดชนิดต่างๆ	169
4.5 ผลวิเคราะห์ทางเคมีของปุ๋ยอินทรีย์น้ำจากสัตว์	170



สารบัญภาพ

เล่มที่ 1	หน้า
ภาพที่	
1.1 ไตอะแกรมสามเหลี่ยมแรงประภทเหนือดิน ตามระบบของกระทรวงเกษตร สหรัฐอเมริกา	15
2.1 แสดงการแบ่งแปลงเก็บตัวอย่างดินตามลักษณะ ความแตกต่างของพื้นที่	50
2.2 แสดงจำนวนหลุมที่เจาะเก็บตัวอย่างดินในหนึ่งแปลง	52
เล่มที่ 2	
6.1 แสดงจำนวนหลุมที่เจาะเก็บตัวอย่างใน 1 แปลง	208
6.2-6.6 แสดงขั้นตอนการเก็บตัวอย่างดิน	209
6.7 เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง	214
6.8 แผนผังแสดงวิธีวิเคราะห์ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH) และความต้องการปุ๋น LR)	222
6.9 เครื่องวัด Electrical Conductivity (EC)	225
6.10 แผนผังแสดงวิธีวิเคราะห์ความเค็มของดิน (EC _{1:5})	226
6.11 เครื่อง Spectrophotometer	234
6.12 แผนผังแสดงวิธีวิเคราะห์ฟอสฟอรัส (P)	237
6.13 Microprocessor Ion Analyzer (MIA)	240
6.14 แผนผังแสดงวิธีวิเคราะห์โพแทสเซียม (K ⁺)	244
6.15 แผนผังแสดงวิธีวิเคราะห์แคลเซียม (Ca ⁺²)	251



คำย่อ

mm	มิลลิเมตร
cm	เซนติเมตร
mg	มิลลิกรัม
g	กรัม
kg	กิโลกรัม
L	ลิตร
mL	มิลลิลิตร
$g\ cm^{-3}$	กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร
$dS\ m^{-1}$	เดซิซีเมน/เมตร
$^{\circ}C$	องศาเซลเซียส

หมายเหตุ : ได้เปลี่ยนหน่วย ส่วนในล้านส่วน (ppm) เป็น $mg\ L^{-1}$ หรือ $mg\ kg^{-1}$ ซึ่งสอดคล้องกับเนื้อหา



ส่วนที่ 1
กายภาพดิน







การเก็บตัวอย่างและการเตรียมตัวอย่างดิน เพื่อวิเคราะห์

1. การเก็บตัวอย่างดิน

การเก็บตัวอย่างดินที่นิยมทำกันมีอยู่ 2 ประเภท ประเภทแรก เป็นการเก็บตัวอย่างดินเพื่อใช้ในการจำแนกดิน และประเภทที่ 2 เป็นการเก็บตัวอย่างดินเฉพาะหน้าดิน เพื่อใช้ตรวจวิเคราะห์สำหรับประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินหรือเพื่อนำมาใช้แนะนำการใช้ปุ๋ยสำหรับพืชที่ต้องการปลูก

การเก็บตัวอย่างดินเพื่อใช้ในการจำแนกดินตามปกติจะเก็บจากหลุมที่กว้าง 1 เมตร ยาว 2 เมตร และลึก 2 เมตร การเก็บตัวอย่างดินจะเก็บตามชั้นดิน (soil horizon) ซึ่งได้มาจากการทำคำบรรยายหน้าตัดดินตามระบบมาตรฐานสากล ตัวอย่างที่เก็บส่งห้องปฏิบัติการจะประกอบด้วย

(1) ตัวอย่างดินรวม (composite samples) หรือตัวอย่างดินที่เปลี่ยนแปลงสภาพ (disturbed soil samples) เป็นตัวอย่างที่เก็บโดยทั่ว ๆ ไปจากแต่ละชั้นดินในถุงเก็บตัวอย่างดิน ตัวอย่างดินนี้จะใช้ในการวิเคราะห์สมบัติของดินทางกายภาพ เคมี และทางแร่

(2) ตัวอย่างดินสภาพธรรมชาติ (undisturbed soil samples) เป็นตัวอย่างที่เก็บโดยให้มีดินในสภาพที่ใกล้เคียงกับที่อยู่ในสภาพธรรมชาติมากที่สุด การเก็บตัวอย่างดินนี้จำเป็นต้องระมัดระวังเป็นพิเศษ โดยปกติจะใช้กล่องเก็บตัวอย่างดินซึ่งมี 2 แบบ คือ แบบกระบอกกลม (core) และแบบกล่องสี่เหลี่ยมที่เรียกว่า Kubiena box แต่ถ้าไม่มีก็ใช้ภาชนะอื่น ๆ ได้ ข้อสำคัญคือพยายามให้ตัวอย่างดินตามธรรมชาติได้รับการกระทบกระเทือนน้อยที่สุด และตัวอย่างดินมีขนาดพอสมควร ตัวอย่างดินนี้



4 คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช ฯ

จะนำไปใช้ในการวิเคราะห์หาสมบัติของดินทางกายภาพบางอย่าง รวมถึงการศึกษาทางจุลทรรศน์ของดินและแร่บางชนิดในดิน

ความแม่นยำและความถูกต้องของข้อมูลถือว่าเป็นสิ่งที่ผู้ทำการศึกษาหรือใช้ข้อมูลต้องคำนึงมากที่สุด เพื่อให้สามารถนำข้อมูลที่ได้ไปแปลผลหรือตีความได้ถูกต้อง อย่างไรก็ตามความผิดพลาดของข้อมูลอาจเกิดขึ้นได้ตั้งแต่ขั้นตอนการเก็บตัวอย่างดิน ซึ่งผู้เก็บควรรักษาความระมัดระวังเป็นพิเศษได้แก่

1. ควรเก็บตัวอย่างดินที่เป็นตัวแทนของแต่ละชั้นดินอย่างแท้จริง และให้ครบถ้วนตามที่ต้องการ
2. ระมัดระวังอย่าให้มีปฏิกิริยาอันใดเกิดขึ้นหรือมีสิ่งแปลกปลอมกับตัวอย่างดินที่เก็บ ซึ่งจะทำให้สมบัติดินเปลี่ยนไป
3. ระวังอย่าให้ป้ายชื่อและตัวอย่างดินผิดพลาดและสับสน

2. การเตรียมตัวอย่างดิน

เมื่อนำตัวอย่างดินมาถึงห้องปฏิบัติการแล้ว ให้เลขตัวอย่างดิน นำดินออกผึ่งโดยเกลี่ยดินในถาด การผึ่งดินนั้นต้องผึ่งในท้องที่สะอาด ไม่มีฝุ่นคลุ้งหรือปนเปื้อนด้วยปุ๋ยหรือสารเคมี เลี่ยงเศษพืชหรือเศษกรวดหิน ออกทิ้งให้หมดเท่าที่จะทำได้ เมื่อดินแห้งแล้วบดด้วยเครื่องบดดิน แล้วร่อนดินที่บดด้วยตะแกรงขนาด 2 mm ส่วนของดินที่ค้างบนตะแกรงนำไปบดอีกจนหมดเก็บตัวอย่างที่บดแล้วนี้ใส่ถุงพลาสติก กล่องกระดาษหรือขวดพลาสติก เขียนเลขที่ตัวอย่างดินที่เก็บวิเคราะห์

การเตรียมตัวอย่างที่กล่าวมาแล้วนี้ เตรียมเฉพาะตัวอย่างดินรวม (composite samples) ส่วนตัวอย่างชนิดที่ไม่ถูกรบกวน เอาไปวิเคราะห์สมบัติบางประการของดิน เช่น ลักษณะทางกายภาพและจุลทรรศน์ของดินโดยไม่ต้องนำดินมาผึ่งและบด



การวิเคราะห์ขนาดของอนุภาคดิน (Particle size analysis)

บทนำ

การวิเคราะห์ขนาดของอนุภาคดินหมายถึงการหาสัดส่วนโดยมวลของกลุ่มขนาดอนุภาคดินเหนียว (clay) กลุ่มขนาดอนุภาคทรายแป้ง (silt) และกลุ่มขนาดอนุภาคทราย (sand) ในดินที่มีขนาดไม่เกิน 2 mm ที่เรียกว่า fine earth ซึ่งการวิเคราะห์นี้จะมุ่งเน้นเฉพาะส่วนที่เป็นอนินทรีย์สารขององค์ประกอบหลักของดิน ในการวิเคราะห์ขนาดของอนุภาคดินหรือบางครั้งก็เรียกว่าการหาลักษณะเนื้อดิน (soil texture) วิธีที่นิยมใช้ในห้องปฏิบัติการต่าง ๆ ได้แก่ Pipette method และ Hydrometer method

หลักการ

ลักษณะเนื้อดินจะเป็นประเภทใดขึ้นอยู่กับกลุ่มขนาดอนุภาคหลักในชั้นดินนั้น ซึ่งแบ่งได้กว้าง ๆ 3 กลุ่มขนาด คือ

1. กลุ่มดินเนื้อหยาบ (coarse-textured soils) เนื้อดินที่จัดอยู่ในกลุ่มนี้ได้แก่ ทราย (sand) ทรายร่วน (loamy sand) และ ร่วนปนทราย (sandy loam)
2. กลุ่มดินเนื้อปานกลาง (medium-textured soils) ดินที่จัดอยู่ในกลุ่มนี้ได้แก่ ดินร่วน (loam) ดินร่วนปนทรายแป้ง (silt loam) ทรายแป้ง (silt) และดินร่วนเหนียวปนทราย (sandy clay loam)
3. กลุ่มดินเนื้อละเอียด (fine textured soils) ประเภทที่จัดอยู่ในกลุ่มนี้ได้แก่ ดินเหนียวปนทราย (sandy clay) ดินเหนียวปนทรายแป้ง (silty clay) ดินเหนียว (clay) ดินร่วนเหนียว (clay loam) และดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง (silty clay loam)



6 คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช ฯ

การจำแนกกลุ่มขนาดของอนุภาคดิน (soil separate) จะแบ่งกลุ่มขนาดของอนุภาคอินทรีย์ที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางไม่เกิน 2 mm โดยที่แต่ละกลุ่มจะมีขนาดอยู่ในพิสัยที่กำหนดให้ดังนี้

ขนาดอนุภาค	เส้นผ่าศูนย์กลาง ^(a) (mm)	เส้นผ่าศูนย์กลาง ^(b) (mm)
Very coarse sand (ทรายหยาบมาก)	2.00 - 1.00	-
Coarse sand (ทรายหยาบ)	1.00 - 0.50	2.00 - 0.20
Medium sand (ทรายปานกลาง)	0.50 - 0.25	-
Fine sand (ทรายละเอียด)	0.25 - 0.10	0.20 - 0.02
Very fine sand (ทรายละเอียดมาก)	0.10 - 0.05	-
Silt (ทรายแป้ง)	0.05 - 0.002	0.02 - 0.002
Clay (ดินเหนียว)	< 0.002	< 0.002

(a) แบ่งตามระบบของ United States Department of Agriculture System

(b) แบ่งตามระบบ International Society of Soil Science System

วิธี Pipette method

1. อุปกรณ์และเครื่องมือ

- 1.1 บีกเกอร์ (beaker) (ชนิดแก้วและพลาสติก)
- 1.2 กระจกปิด (cover glass)
- 1.3 กระบอบกดวง (cylinder)
- 1.4 เครื่องเหวี่ยงตะกอน (centrifuge)
- 1.5 หลอดเซนตริฟิวจ์ (centrifuge tube)
- 1.6 แท่งแก้ว (stirring rod)
- 1.7 policeman
- 1.8 plunger
- 1.9 กระบอ้งใส่ดิน (can)



คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช ฯ 7

- 1.10 เครื่องมือสำหรับปิเปตต์ (pipette apparatus)
- 1.11 เตาปรับอุณหภูมิ (hot plate)
- 1.12 ตู้ดูดควัน (hood)
- 1.13 ตู้อบ (oven)
- 1.14 เครื่องกวน (mechanical stirrer)
- 1.15 desiccator
- 1.16 นาฬิกาจับเวลา
- 1.17 เทอร์โมมิเตอร์
- 1.18 ตะแกรงร่อน (sieve)
- 1.19 อ่างน้ำร้อน (water bath) ที่ควบคุมอุณหภูมิได้

2. สารเคมีและวิธีเตรียม

2.1 สารละลาย Calgon

เตรียมโดยละลายโซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟต (Sodium hexametaphosphate) 35.7 g และโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) 7.94 g ใน น้ำกลั่น 1 L

2.2 ไฮโดรเจน เปอร็อกไซด์ (H_2O_2) 50 %

2.3 สารละลายโซเดียมอะซิเตต 1 นอร์มอล pH 5 เตรียมโดยละลายโซเดียมอะซิเตต (NaOAc) 82 g ในน้ำกลั่นประมาณ 800 mL เติมกรดแอสติค (glacial acetic acid) 27 mL ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเป็น 1,000 mL ปรับ pH ด้วยกรดแอสติค

2.4 สารละลายโซเดียมซิเตรต 0.3 โมลาร์ เตรียมโดยละลายโซเดียมซิเตรต (Sodium citrate) 88 g ด้วยน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 1 L

2.5 สารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนต 1 โมลาร์ ซึ่ง 84 g ของโซเดียมไบคาร์บอเนต (NaHCO_3) ละลายด้วยน้ำกลั่น ปรับปริมาตรให้ได้ 1 L

2.6 โซเดียมไดไธโอไนต์ ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$) ชนิดบริสุทธิ์อย่างผง



8 คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช ฯ

3. วิธีการ

ดินทั่ว ๆ ไป

3.1 ซั่งตัวอย่างดินที่ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 mm ลงในบีกเกอร์ขนาด 600 mL 10 g (ตัวอย่างละ 2 ซ้า) เติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ลงไปครั้งละ 5-10 mL ทุกครั้งที่เติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ถ้าปฏิกิริยารุนแรง ให้เติมน้ำกลั่นลงไปเพื่อลดปฏิกิริยา หลังจากนั้นเร่งปฏิกิริยาโดยอุ่นบนเตา (hot plate) ปรับอุณหภูมิประมาณ 50-60 °C เมื่อหมดปฏิกิริยาแล้วตั้งทิ้งไว้บนเตาเพื่อให้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่เกินพอประมาณ 1-2 ชั่วโมง ถ้าดินมีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงให้ทำซ้ำ

3.2 ดินที่ได้จากข้อ 3.1 ซึ่งมีตัวอย่างละ 2 บีกเกอร์ นำดินในบีกเกอร์หนึ่งไปอบที่อุณหภูมิ 105 °C ประมาณ 24 ชั่วโมงหรือจนกระทั่งน้ำหนักคงที่ นำไปใช้ในการคำนวณ

3.3 นำดินในอีกบีกเกอร์หนึ่งมาเติม calgon จำนวน 10 mL ตั้งทิ้งไว้ประมาณ 10 นาที นำไปกวนด้วยเครื่องกวน (mechanical stirrer) 5 นาที

3.4 เทส่วนผสมของดินและน้ำจากข้อ 3.3 ลงในกระบอกตวงขนาด 1,000 mL โดยเทผ่านตะแกรงร่อนขนาด 300 เมช (mesh) หรือ 53 ไมครอน สิ่งที่ตกค้างอยู่บนตะแกรงคืออนุภาคทราย นำไปใส่ภาชนะ (can) อบให้แห้งที่อุณหภูมิ 105 °C หรือน้ำหนักคงที่

3.5 ส่วนที่ผ่านตะแกรงลงไปในกระบอกตวงคือ อนุภาคทรายแป้งและอนุภาคดินเหนียว ปรับปริมาตรให้เป็น 1,000 mL ทิ้งสารแขวนลอยให้อนุภาคนิ่งที่เท่ากับอนุภาคนิ่ง จากนั้นคนด้วย plunger ให้ทั่ว จับเวลา

3.6 ดูดสารแขวนลอยในกระบอกตวงโดยใช้ pipette apparatus (จะเป็นอนุภาคดินเหนียว) เวลาที่ใช้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความลึกซึ่งจะเป็นไปตาม Stokes' law นำไปอบให้น้ำหนักคงที่แล้วชั่งหาน้ำหนัก

ดิน calcareous หรือ saline (calcareous or saline soils) จำเป็นต้องกำจัดสารเชื่อมก่อนที่จะทำตามวิธีที่อธิบายในข้อ 3.1 ทำโดยซั่งดิน 10 g ใส่



คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช ฯ 9

ในหลอดเหวี่ยงตะกอนขนาด 100 mL (ตัวอย่างละ 2 หลอด) เติมน้ำยาไฮเดียมอะซิเตต 1 นอร์มอล pH 5 จำนวน 50 mL นำไปอุ่นบน water bath อุณหภูมิ 80 °C เป็นเวลา 30 นาที นำไปเซนตริฟิวจ์ เหน้ใส่ทิ้ง เติมน้ำกลั่นลงไป 50 mL อุ่นบน water bath เป็นเวลา 30 นาที นำไปเซนตริฟิวจ์ เหน้ใส่ทิ้งอีกครั้ง

ดินที่มีเหล็กออกไซด์อิสระเคลือบ (ดินแดงหรือดินเหลือง) ถ้าต้องการกำจัดก่อนนำไปทำตามวิธีที่อธิบายในข้อ 3.3 ทำโดยนำดินที่ชั่ง 10 g ใส่ในหลอดเหวี่ยงตะกอน (ตัวอย่างละ 2 หลอด) เติมสารละลายไฮเดียมอะซิเตต 40 mL สารละลายไฮเดียมไปคาร์บอนเนต 5 mL นำไปอุ่นบน water bath ที่อุณหภูมิ 75-80 °C (ไม่เกิน 80 °C) เติมไฮเดียมไดไฮโอไนต์ผงลงไป 1 g หมั่นคน อุ่นต่อไปอีก 15 นาที นำไปเซนตริฟิวจ์ เหน้ใส่ส่วนบนทิ้ง ถ้าดินยังคงมีสีแดงให้ทำซ้ำ

การคำนวณ

สมมติ น้ำหนัก ตัวอย่างดินที่อบ (หลังจากกำจัดสาร calcareous และ saline, เหล็กออกไซด์อิสระ, อินทรีย์วัตถุ)	=	a	g
ชั่งน้ำหนักอนุภาคทรายได้	=	b	g
จะมีอนุภาคทราย	=	$\frac{100b}{a}$	%
สมมติ pipette clay ชั่งมาได้		20	mL
ถ้าชั่ง clay ได้		c	g
นั่นคือสารแขวนลอยดิน 20 mL มี clayหนัก		c	g
” 1,000 ”		$\frac{1,000 \times c}{20}$	g
ดิน a g มี clay		$\frac{1,000 \times c}{20}$	g
เพราะฉะนั้น มี clay	=	$\frac{1,000c}{20a} \times 100$	%
	=	$\frac{5,000c}{a}$	%



10 คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช ๑

(หมายเหตุ : น้ำหนัก Clay ต้องหักปริมาณ Calgon ออกก่อนคำนวณ)

$$\% \text{ silt} = 100 - (\% \text{ sand} + \% \text{ clay})$$

เมื่อทราบเปอร์เซ็นต์ของอนุภาคดินเหนียว อนุภาคทรายแป้งและอนุภาคทรายแล้ว ก็สามารถแยก textural class ได้โดยอ่านค่าจากไดอะแกรมสามเหลี่ยมมาตรฐาน

**ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิเพื่อการทำ Clay percentage
โดยวิธี Pipette ที่ระดับความลึก 5 cm**

อุณหภูมิ	ชั่วโมง	นาทื	วินาที
23.0	3	52	-
23.5	3	50	-
24.0	3	47	5
24.5	3	35	-
25.0	3	32	5
25.5	3	30	-
26.0	3	27	-
26.5	3	25	-
27.0	3	20	-
27.5	3	15	-
28.0	3	10	-
28.5	3	7	5
29.0	3	5	-
29.5	3	2	5
30.0	3	-	-
30.5	2	57	5
31.0	2	55	-



วิธี Hydrometer method

อุปกรณ์

1. Mechanical stirrer (ASTM Stirring apparatus)
2. Soil dispersion cup
3. Bouyoucos Jar (Sedimentation cylinder)
4. Standard hydrometer (ASTM 152 H)

สารเคมี

1. Hydrogen peroxide (H_2O_2) 50%
2. Sodiumhexametaphosphate
3. Sodium Carbonate

วิธีเตรียม Dispersing agent (Calgon) 5%

ชั่ง Sodiumhexametaphosphate 35.7 g เติมน้ำกลั่น 500 mL เติมน้ำ Sodium Carbonate 7.94 g คนให้เข้ากัน เติมน้ำกลั่นลงไป ทำให้สารละลายมีปริมาตร 1,000 mL

วิธีทำ

1. อบตัวอย่างที่ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 mm ใช้อุณหภูมิ $105^{\circ}C$ เป็นเวลา 24 ชม. หรือจนน้ำหนักคงที่ นำตัวอย่างดินที่ชั่งแล้วใส่ใน desiccator ที่งั้วจันตัวอย่างดินเย็น
2. ชั่งตัวอย่างดินในข้อ 1. ใส่ลงใน Beaker ขนาด 600 mL 2 ใบๆ ละ 50 g (ถ้าเป็นดินเนื้อหยาบใช้ดิน 100 g) เติมน้ำกลั่น 100 mL ในตัวอย่างดิน คนให้ดินและน้ำเข้ากันดี เติมสารละลาย 30% H_2O_2 ลงไปซ้ำๆ ครั้งละ 5-10 mL ดินจะมีปฏิกิริยา (เกิดฟองแก๊ส) เติมน้ำกลั่นที่เจือจางลง และไม่แสดงปฏิกิริยาอีก ยกขึ้นตั้งบน Hot plate ไล่ H_2O_2 ที่เหลือออกจนหมด (ประมาณไม่น้อยกว่า 1 ชม.) นำตัวอย่างใน Beaker ที่ 1 ไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ $105^{\circ}C$ จนแห้งนำไปชั่งหาน้ำหนักของดินที่ได้อินทรีย์วัตถุออกหมดแล้ว (เพื่อนำไปใช้ในการคำนวณ)



12 คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช ฯ

3. นำ Beaker ที่ 2 เติมสารละลาย calgon ลงไป 100 mL เติมน้ำกลั่น 100 mL ทิ้งไว้ประมาณ 10 นาที เป็นอย่างต่ำ เพื่อให้ของเหลวแทรกซึมเข้าไปในดินได้ทั่วถึง ถ่ายตัวอย่างดินทั้งหมดลงใน dispersion cup โดยใช้ น้ำล้างจนไม่มีดินติดอยู่ที่ Beaker กวนด้วยเครื่องกวนประมาณ 5 นาที (อย่ากวนให้นานกว่านี้ เพราะจะทำให้อนุภาคที่ใหญ่ของดินแตก ทำให้ผลวิเคราะห์คลาดเคลื่อน) หรือกวนด้วยแท่งแก้วจนกระทั่งอนุภาคของดินที่จับกันอยู่ กระจายเป็นอนุภาคอิสระแต่ละอนุภาค แล้วถ่ายลงใน Bouyoucos Jar ล้างดินใน dispersion cup ให้หมดถ่ายลงใน Bouyoucos Jar ค่อย ๆ หย่อน Hydrometer ลงใน Bouyoucos Jar เติมน้ำให้ถึงขีด 1,130 mL (ถ้าใช้ตัวอย่างดิน 100 g เติมน้ำถึงขีด 1,205 mL)

4. เติมสารละลาย 5% calgon 100 mL ลงใน Bouyoucos Jar อีกไป เติมน้ำ 100-200 mL ค่อย ๆ หย่อน Hydrometer ลงไป เติมน้ำจนถึงขีด 1,130 mL (ถ้าใช้ตัวอย่างดิน 100 g เติมน้ำถึงขีด 1,205 mL) ยก Hydrometer ออก

5. กวนสารแขวนลอยตัวอย่างใน Bouyoucos Jar ประมาณ 20-25 ครั้ง เมื่อถึงเวลา 40 วินาที บันทึกค่าที่อ่านได้จาก Hydrometer ที่หย่อนลงไป วัดอุณหภูมิของสารแขวนลอยดิน บันทึกไว้

6. กวนสารละลาย calgon เมื่อถึงเวลา 20 วินาที หย่อน Hydrometer ลงในสารละลาย และอ่านค่าของสารละลาย calgon และเมื่อถึงเวลา 40 วินาที บันทึกค่าที่อ่านได้อีกครั้ง วัดอุณหภูมิของสารละลาย calgon บันทึกไว้

7. เมื่อเวลาครบ 2 ชั่วโมง ให้วัดค่าของสารแขวนลอยดิน อุณหภูมิ และวัดค่าของสารละลาย calgon และอุณหภูมิ จดบันทึกไว้

8. คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ ของอนุภาคดิน และนำไปเข้า Diagram สามเหลี่ยมเพื่อหาประเภทของเนื้อดิน

8.1 ค่าที่อ่านได้จาก Hydrometer เป็นค่าของอนุภาคดินที่แขวนลอยอยู่ และมีสารละลายของ calgon รวมอยู่ด้วย จึงจำเป็นที่จะต้องหักค่าของสารละลายของ calgon ออกเสียก่อน เพื่อที่จะได้ค่าของอนุภาค



คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช ๑ 13

ดินเท่านั้น ถ้าอุณหภูมิของสารละลาย calgon และอุณหภูมิของสารแขวนลอยดินต่างกันจะต้องปรับให้เท่ากันเสียก่อน

$$\text{โดยใช้สูตร } R_c = A - 0.5 (T - B)$$

เมื่อ R_c = ค่าที่ควรจะอ่านได้จาก Hydrometer ของสารละลาย calgon เท่ากับ T °C (g/L)

A = ค่าที่อ่านได้จาก Hydrometer ของสารละลาย calgon

T = อุณหภูมิของสารแขวนลอยดิน (วัดเป็น °C)

B = อุณหภูมิของสารละลาย calgon (วัดเป็น °C)

นำค่า R_c ไปหักออกจากค่าที่อ่านได้ในสารแขวนลอยดินจะได้ค่า R 's ซึ่งเป็นค่าอนุภาคของดิน

8.2 ค่าอนุภาคของดินจะเป็นค่าที่ถูกต้องเมื่ออุณหภูมิของสารแขวนลอยดินเท่ากับอุณหภูมิที่ระบุไว้ที่ก้านของ Hydrometer คือ 68 °F หรือ 20 °C

ดังนั้นจะต้องปรับค่า R 's โดยใช้สูตร

$$R_s = R's + 0.36 (T - L)$$

R_s = จำนวนกรัมที่ถูกต้องของอนุภาคดิน/ลิตร

R 's = จำนวนกรัมของอนุภาคดิน/ลิตรที่วัดโดยตรงจาก Hydrometer

L = อุณหภูมิบนก้าน Hydrometer

$$\% \text{ (Silt+Clay)} = \frac{R_s \text{ ที่ } 40 \text{ วินาที} \times 100}{\text{น้ำหนักดิน}}$$

$$\% \text{ Clay} = \frac{R_s \text{ ที่ } 2 \text{ ชม.} \times 100}{\text{น้ำหนักดิน}}$$

$$\% \text{ Sand} = 100 - \% \text{ (Silt + Clay)}$$

$$\% \text{ Silt} = \% \text{ (Silt + Clay)} - \% \text{ Clay}$$

ตารางที่ 1.1 ตัวอย่างการคำนวณหาการกระจายขนาดอนุภาคดินโดยวิธี Hydrometer สมมุติตั้งดิน 50 g ล้างอินทรียวัตถุแล้วเหลือ น้ำหนัก ดิน 40.00 g

ตัวอย่างดิน	Hy	Temp	Hy	Temp	R's		Rs		Silt+Clay	Clay	Sand	Silt Textural	Class
	40 sec		2 h		40 sec	2 h	40 sec	2 h	%	%	%	%	
Calgon	6.5	31	6.0	31.0									
1+cal	22.0	30	12.5	30.5	15.0	6.25	18.60	10.03	46.50	25.08	53.50	21.42	SCL
2+cal	22.0	30	15.5	30.5	15.0	9.25	18.60	13.03	46.50	32.58	53.50	13.92	SCL
3+cal	24.0	30	12.5	30.5	17.0	6.25	20.60	10.03	51.50	25.08	48.50	26.42	SCL

40 sec ตัวอย่างดินที่ 1

$$R_c = A - 0.5 (T - B)$$

$$= 6.5 - 0.5 (30 - 31)$$

$$= 6.5 + 0.5 = 7$$

$$R's = 22 - 7 = 15$$

$$R_s = R's + 0.36 (T - 20)$$

$$= 15 + 0.36 (30 - 20)$$

$$= 15 + 3.6 = 18.60$$

$$\% (Silt + Clay) = \frac{18.60 \times 100}{40}$$

$$= 46.5$$

2 h ตัวอย่างดินที่ 1

$$R_c = A - 0.5 (T - B)$$

$$= 6.0 - 0.5 (30.5 - 31.0)$$

$$= 6.0 + 0.25 = 6.25$$

$$R's = 12.5 - 6.25 = 6.25$$

$$R_s = R's + 0.36 (T - 20)$$

$$= 6.25 + 0.36 (30.5 - 20)$$

$$= 6.25 + 3.78 = 10.03$$

$$\% Clay = \frac{R_s \text{ ที่ } 2 \text{ h} \times 100}{\text{น้ำหนักดิน}}$$

$$= \frac{10.03 \times 100}{40}$$

$$= 25.08$$

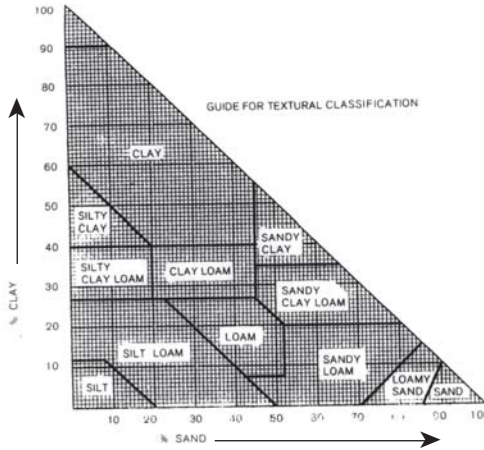
$$\% Silt = 46.5 - 25.08 = 21.42$$

$$\% Sand = 100 - (25.08 + 21.42) = 53.50$$





การแปลผล



ภาพที่ 1.1 ไโดอะแกรมสามเหลี่ยมแบ่งประเภทเนื้อดินตามระบบของกระทรวงเกษตรสหรัฐอเมริกา

การประเมินประเภทของเนื้อดินทำได้เมื่อทราบสัดส่วนเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของดินทราย (sand) และดินเหนียว (clay) ดังตัวอย่าง สมมติว่าตัวอย่างดินชนิดหนึ่งมีทราย 40 % และดินเหนียว 22 % พบว่ามีประเภทของเนื้อดินเป็นดินร่วน (loam)

แต่ละด้านของไดอะแกรมสามเหลี่ยมจะเป็นกลุ่มประเภทของเนื้อที่แสดงลักษณะเด่นของแต่ละกลุ่มขนาดของอนุภาค เช่น ทางด้านซ้ายเป็นประเภทดินเหนียว ทางด้านล่างเป็นประเภทดินทราย ส่วนด้านทะแยงเป็นประเภทดินทรายแป้ง เป็นต้น

เห็นได้ว่าประเภทเนื้อดินเหนียวกินขอบเขตของพื้นที่มากที่สุดบนไดอะแกรมสามเหลี่ยม ดินซึ่งมีสัดส่วนของอนุภาคดินเหนียวเกิน 40 % ถือว่ามีเนื้อดินหลักเป็นประเภทดินเหนียว (clayey soils) ในขณะที่เนื้อดินหลัก



16 คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช ๑

ของประเภททรายแป้ง (silty soils) และประเภทดินทราย (sandy soils) จะต้องมีสัดส่วนของกลุ่มอนุภาคทรายแป้ง และอนุภาคทรายเกิน 80 % และ 90% ขึ้นไปตามลำดับ ทั้งนี้เพราะอนุภาคดินเหนียวมีอิทธิพลต่อสมบัติของดินสูงกว่าอนุภาคขนาดทรายแป้ง และขนาดทรายตามลำดับ

กลุ่มเนื้อดินหลักอีกประเภทหนึ่ง คือ เนื้อดินร่วน (loam) กลุ่มนี้สมบัติของดินได้รับอิทธิพลของกลุ่มอนุภาคทราย ทรายแป้ง และดินเหนียวในระดับใกล้เคียงกัน เนื้อดินที่มีชื่อดินร่วน (loam) ในไดอะแกรม พบว่า จะประกอบด้วยกลุ่มอนุภาคทราย และทรายแป้งใกล้เคียงกัน โดยมีกลุ่มอนุภาคดินเหนียวเป็นสัดส่วนที่ต่ำกว่า 2 กลุ่มข้างต้น ซึ่งแสดงอีกว่ากลุ่มอนุภาคดินเหนียวมีอิทธิพลสูงกว่ากลุ่มอื่นๆ ในการกำหนดสมบัติของดิน

ประเภทเนื้อดินอื่นๆ จะแบ่งย่อยออกไปจากกลุ่มเนื้อดินหลัก 4 กลุ่มข้างต้น ตัวอย่างเช่นดินเหนียวปนทราย (sandy clay) คือ ดินเหนียว (clay) ซึ่งมีอนุภาคทรายปะปนอยู่มากพอที่จะทำให้ดินแสดงสมบัติของทรายออกมาได้บ้าง เช่น สากกระคายมือเมื่อสัมผัส การระบายน้ำและอากาศดีกว่าดินเหนียว เป็นต้น

การใช้งานดินเชิงปฏิบัติสำหรับเพาะปลูกโดยทั่วไปไม่จำเป็นต้องทราบเนื้อดินที่แน่นอน เกษตรกรอาจจำแนกประเภทเนื้อดินออกเป็น 3 กลุ่มใหญ่ๆ ดังนี้

1. กลุ่มดินเนื้อละเอียด (fine-textured soils) ซึ่งประกอบด้วย 5 ประเภทคือ

- 1.1. ดินเหนียว (clay)
- 1.2. ดินเหนียวปนทรายแป้ง (silty clay)
- 1.3. ดินเหนียวปนทราย (sandy clay)
- 1.4. ดินร่วนเหนียว (clay loam)
- 1.5. ดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง (silt clay loam)



2. กลุ่มดินเนื้อปานกลาง (medium-textured soils) ประกอบด้วยดิน 4 ประเภทคือ

- 2.1. ดินร่วนเหนียวปนทราย (sandy clay loam)
- 2.2. ดินร่วน (loam)
- 2.3. ดินร่วนปนทรายแป้ง (silt loam)
- 2.4. ดินทรายแป้ง (silt)

3. กลุ่มดินเนื้อหยาบ (coarse-textured soils) ประกอบด้วยดิน 3 ประเภท คือ

- 3.1. ดินทราย (sand)
- 3.2. ดินทรายปนร่วน (loamy sand)
- 3.3. ดินร่วนปนทราย (sandy loam)

ดินที่มีเนื้อต่างๆ ภายในกลุ่มดินใหญ่ๆ เหล่านี้ มีหลักการปฏิบัติ ด้านการเกษตร อาทิ การไถพรวน การชลประทาน และการใส่ปุ๋ย เป็นต้น ใกล้เคียงกัน

การรู้จักชนิดของเนื้อดิน จะทำให้ทราบสมบัติเบื้องต้นของดิน เช่น การอุ้มน้ำ การดูดซับธาตุอาหารต่าง ๆ โดยทั่วไปกลุ่มขนาดดินร่วน เป็นกลุ่มเนื้อดินที่มีปัญหาในการจัดการดินน้อยกว่ากลุ่มขนาดดินทรายและกลุ่มขนาดดินเหนียว กลุ่มดินเนื้อหยาบจะมีความสามารถในการอุ้มน้ำได้น้อย แต่กลุ่มดินเหนียวจะมีปัญหาในด้านการระบายน้ำและการถ่ายเท อากาศในดินเช่นกัน

ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการจำแนกดิน ปริมาณและขนาดอนุภาคต่าง ๆ จะถูกนำมาใช้ศึกษาชั้นดินวินิจฉัย (diagnostic horizon) ได้แก่ argillic, cambic, kandic และ oxic และยังใช้ในการจำแนกดินระดับ family



18 คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช ๑

ขนาดอนุภาคดินใหญ่กว่า 2 mm (Particle size > 2 mm)

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. กระจกตวง (cylinder) ขนาด 1,000 mL
2. เครื่องชั่ง
3. ตะแกรงร่อน (sieve) ขนาด 2 mm
4. ตู้อบ (oven)

วิธีวิเคราะห์

โดยน้ำหนัก (by weight)

1. ฝั่งตัวอย่างดินให้แห้ง
2. ชั่งตัวอย่างดินที่ทราบค่าแน่นอนในช่วง 200 - 300 g (ดินเนื้อหยาบใช้ปริมาณน้อย ดินเนื้อละเอียดใช้ปริมาณมากขึ้น)
3. นำตัวอย่างดินไปร่อนบนตะแกรงขนาด 2 mm ในน้ำจนเหลือแต่กรวดที่ค้างบนตะแกรง
4. นำตัวอย่างกรวดที่มีขนาดใหญ่กว่า 2 mm บนตะแกรงไปอบที่อุณหภูมิ 105 °C จนน้ำหนักคงที่ แล้วชั่งหาน้ำหนักแห้ง

โดยปริมาตร (by volume)

1. เติมน้ำกรองลงในกระจกตวงขนาด 1,000 mL จำนวน 500 mL
2. เติมตัวอย่างดินที่ฝั่งแห้งแล้วที่ทราบค่าแน่นอนในช่วง 200 - 300 g ลงไปในกระจกตวง อ่านค่าปริมาตร
3. เทตัวอย่างดินและน้ำในกระจกตวงออก ร่อนตัวอย่าง ดินบนตะแกรงขนาด 2 mm ในน้ำจนเหลือแต่กรวดที่ค้างบนตะแกรง
4. เติมน้ำในกระจกตวงขนาด 1,000 mL จำนวน 500 mL อีกครั้ง นำตัวอย่างกรวดที่ค้างบนตะแกรงเทกลับลงไปในกระจกตวง อ่านค่าปริมาตรที่ได้ (เป็นของกรวด)



การคำนวณ

$$\% \text{ ขนาดอนุภาคใหญ่กว่า } 2 \text{ mm (โดยน้ำหนัก)} = \frac{\text{น้ำหนักกรวด}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างดิน}}$$

$$\% \text{ ขนาดอนุภาคใหญ่กว่า } 2 \text{ mm (โดยปริมาตร)} = \frac{\text{ปริมาตรกรวด}}{\text{ปริมาตรตัวอย่างดิน}}$$

การแปลผล

นอกจากอนุภาคทั้ง 3 กลุ่มขนาดซึ่งมีขนาดไม่เกิน 2.00 mm แล้ว ยังอาจพบอนุภาคของดินขนาดโตๆ ในดินด้วย ซึ่งจำแนกตามระบบกระทรวงเกษตรสหรัฐอเมริกาได้ดังตารางที่ 1.2

ตารางที่ 1.2 การจำแนกอนุภาคเดี่ยวขนาดโตตามระบบกระทรวงเกษตรสหรัฐอเมริกา

ชั้น (Class)	เส้นผ่าศูนย์กลาง (mm)
ก้อนกรวด (Gravel)	2 - 75
ก้อนหินเล็ก (Cobbles)	75 - 254
ก้อนหินใหญ่ (Stones)	> 254

ชั้นส่วนอนุภาคที่โตกว่า 2 mm เหล่านี้ ไม่นับรวมในส่วนที่จะพิจารณาเนื้อดิน แต่การปรากฏตัวของกรวดและหินเหล่านี้ อาจมีผลกระทบต่อการใช้ประโยชน์ที่ดินได้



20 คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช ฯ

เอกสารอ้างอิง

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2544. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. คณะเกษตร
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 547 น.

พิมพ์พันธ์ เจิมสวัสดิพงษ์. 2526. เอกสารประกอบการสอนวิชาปฏิบัติการ
ฟิสิกส์ทางดิน (112452). ภาควิชาปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรของแก่น.

สำอาง ศรีนิลทา. 2517. คู่มือปฏิบัติการปฐพีศาสตร์เบื้องต้น. คณะเกษตร
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 325 น.

Gee, G.W. and J.W. Bauder. 1986. Particle-size Analysis. In A. Klute. et. al.
(eds.). Method of Soil Analysis, Part I. American Society of
Agronomy Monograph. No. 9. Madison, Wisconsin. U.S.A. pp.383-
411.

Reynolds, W.D. 1993. Particle Size Distribution. In M. R. Carter. Ed., Soil
Sampling and Methods of Analysis, Part 3. Canadian Society of
Soil Science. Lewis Publishers. pp 499-511.



ความชื้นของดินที่แรงดึงบรรยากาศต่าง ๆ (Soil Water Retention)

บทนำ

น้ำในดินอาจแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ น้ำที่อยู่ได้อานาจากการดูดยึดของอนุภาคดินกับน้ำที่ไม่ได้อยู่ภายใต้อำนาจการดูดยึดของอนุภาคดิน ถ้าพิจารณาในแง่ของความชื้นหรือน้ำในดินที่เป็นประโยชน์ต่อพืชแล้ว น้ำที่ถูกดูดยึดอยู่ในดินโดยเฉพาะที่อยู่ในส่วนที่เรียกว่าน้ำซึบจะมีความสำคัญกว่าน้ำประเภทอื่น ๆ เนื่องจากน้ำซึบจะถูกดูดยึดไว้ภายนอก รวมถึงที่บรรจุอยู่ในช่องว่างที่มีขนาดเล็กมาก ๆ ของดิน แรงดูดยึดไม่สูง พืชสามารถดูดเอาไปใช้ได้ ดังนั้นแรงดูดยึดน้ำของดินจึงเป็นสิ่งที่ควบคุมความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืช

หลักการ

ในการวิเคราะห์การดูดยึดน้ำของอนุภาคดินโดยทั่ว ๆ ไป จะใช้แรงดึงที่ 1/3 บรรยากาศ (33 kPa) และ 15 บรรยากาศ (1,500 kPa) ค่าการดูดยึดน้ำที่แรงดึง 1/3 บรรยากาศ แทนค่าระดับความชื้นในดินที่มีความจุความชื้นสนาม (field capacity, FC) หรือ ชีดจำกัดบน (upper limit) ส่วนค่าการดูดยึดน้ำที่ใช้แรงดึง 15 บรรยากาศ แทนค่าระดับความชื้นที่พืชเหี่ยวอย่างถาวร (permanent wilting point, PWP) หรือชีดจำกัดล่าง (lower limit) โดยปกติค่าเหล่านี้แสดงหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ ผลต่างของระดับความชื้นที่ความจุในสนาม กับระดับความชื้นที่จุดเหี่ยวถาวร จะเป็นปริมาณความชื้นสูงสุดที่เป็นประโยชน์ต่อพืช การวิเคราะห์ความชื้นในดินจะทำให้ทราบว่าปริมาณน้ำในดินขณะทำการเก็บตัวอย่างดินนั้นมีเพียงพอที่พืชนำไปใช้ประโยชน์หรือไม่ โดยปกติถือว่าปริมาณน้ำในดินควรอยู่ในช่วง 50-100



22 คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช ฯ

เปอร์เซ็นต์ ของความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืชของดินนั้นๆ ตลอด ฤดูเติบโตของพืช ดังนั้นค่าความชื้นของดินจึงมีความสำคัญต่อการคำนวณหาปริมาณน้ำที่จะต้องทดให้แก่ดิน หรือระบายออกจากดิน

ด้านการจำแนกดิน ปริมาณความชื้นในดินและปริมาณน้ำที่ดินดูดยึดไว้ด้วยแรง 15 บรรยากาศหรือมากกว่า จะใช้ในการแบ่งชั้นความชื้นของดิน (soil moisture regime)

อุปกรณ์และเครื่องมือ

- 1.1 pressure plate apparatus
- 1.2 วงแหวนยางขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 cm และหนา 1 cm
- 1.3 ตู้อบ (oven)
- 1.4 เครื่องชั่ง 3 ตำแหน่ง

วิธีวิเคราะห์

1. แช่ pressure plate ให้อิ่มตัวด้วยน้ำกรอง เป็นเวลา 1 คืน หรือไม่น้อยกว่า 12 ชั่วโมง
2. วางวงแหวนยางลงบน pressure plate ตักดินแห้ง (air dry) ที่ผ่านตะแกรง 2 mm ใส่ลงในวงแหวนให้เต็ม น้ำจะค่อย ๆ ซึมเข้าไปในดิน เติมน้ำลงบน pressure plate ให้ดินดูดน้ำ ตั้งทิ้งไว้ 1 คืน เพื่อให้ดินอิ่มตัวด้วยน้ำ
3. แล้ววาง pressure plate ลงใน pressure chamber ปิดฝา pressure chamber เปิดให้อากาศที่มีแรงดันเข้าไปใน pressure chamber ปรับความดันให้คงที่ตามต้องการ
4. รองรับน้ำที่ระบายออกจากดินและ pressure plate ด้วยสายยาง ซึ่งต่อออกนอก pressure chamber จนน้ำอยู่ในสภาวะสมดุลคือ น้ำหยุดไหล



5. ปิดสายยางระบายน้ำออกด้วยที่หนีบ ปิดวาล์ว (air input) ไม่ให้อากาศเข้าไปใน chamber เปิดวาล์ว (air output) ปล่อยให้อากาศใน chamber ระบายออกจนมีความดันอากาศเท่ากับภายนอก จึงเปิดฝา pressure chamber นำดินไปชั่งน้ำหนักหาความชื้น

การวิเคราะห์ความชื้นของดินที่บรรยากาศต่าง ๆ กันนั้น จะต้องใช้ pressure plate และ pressure chamber ที่ทำไว้สำหรับแรงดึงนั้น ๆ

การคำนวณ

$$\% \text{ ความชื้นโดยน้ำหนัก} = \frac{\text{น้ำหนักน้ำ}}{\text{น้ำหนักดินแห้ง } 105^\circ\text{C}}$$

การแปลผล

ปริมาณน้ำในดินที่ได้รับแรงดึงน้ำสูง ๆ (ใช้ความดันมาก) จะเหลือน้อยกว่าตัวอย่างดินที่ได้รับแรงดึงน้ำต่ำกว่า (ความดันน้อยกว่า) และที่แรงดึงน้ำขนาดเดียวกัน ดินเนื้อละเอียดจะเหลือปริมาณน้ำในดินมากกว่าดินเนื้อหยาบกว่า

ตารางที่ 1.3 ความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อดินและการอุ้มน้ำของดินที่สภาวะต่างๆ (% ความชื้นโดยน้ำหนัก)

เนื้อดิน	ค่าคงที่ความชื้น				ดินอึดตัว ด้วยน้ำ
	Air dried	PWP	FC	AWCA	
หยาบ	1 - 2	3 - 6	6 - 16	3 - 10	21 - 31
ปานกลาง	2 - 5	12 - 15	27 - 35	15 - 20	31 - 47
ละเอียด	5 - 10	24 - 34	38 - 53	14 - 19	38 - 90

PWP = permanent wilting point. FC = field capacity. AWCA = available water capacity = FC - PWP



24 คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช ฯ

เอกสารอ้างอิง

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2541. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. ภาควิชาปฐพีวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 547 น.

ถนอม คลอดเพ็ง. 2528. วิธีการของปฐพีฟิสิกส์วิเคราะห์. ภาควิชาปฐพีศาสตร์และอนุรักษศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 205 น.

สุนทรียังษ์ชวลย์. 2536. บทปฏิบัติการปฐพีวิทยามูลฐาน. ภาควิชาปฐพีวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน. 113 น.

Klute, A. and C. Dirksen. 1986. Water Retention: Laboratory Method. In A. Klute. et. al. (eds.). Method of Soil Analysis, Part I. American Society of Agronomy Monograph. No. 9. Madison, Wisconsin. U.S.A. pp.635-662.

Topp, G.C. and Y.T. Galganov, B.C. Ball, and M.R. Carter. 1993. Soil Water Desorption Curves. In M. R. Carter. Ed., Soil Sampling and Methods of Analysis, Part 3. Canadian Society of Soil Science. Lewis Publishers. pp 569-579.



ความหนาแน่นรวมของดิน (Soil Bulk Density)

บทนำ

ความหนาแน่นรวมของดิน หมายถึง สัดส่วนระหว่างมวลของดินขณะที่มวลแห้งสนิทต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรรวมของดิน (ปริมาตรของอนุภาคดินและช่องว่างในดิน) ค่านี้จะแตกต่างจาก “ความหนาแน่นของอนุภาค” (particle density) ซึ่งหมายถึง สัดส่วนระหว่างมวลของดินขณะดินแห้งสนิทต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรของส่วนที่เป็นของแข็งของดิน ค่าความหนาแน่นของอนุภาคจึงสูงกว่าค่าความหนาแน่นรวมเสมอ ค่าความหนาแน่นรวมมีหน่วยเป็นน้ำหนักต่อหน่วยปริมาตร ที่ใช้โดยทั่ว ๆ ไปคือ g cm^{-3} วิธีการหาความหนาแน่นรวมของดินมีหลายวิธี แต่ที่นิยมใช้กันคือ clod method และ core method ปกติค่าความหนาแน่นจาก clod method จะสูงกว่า core method เนื่องจากปริมาตรของดินไม่ได้รวมถึงปริมาตรของช่องว่างระหว่างเม็ดดินกับวงแหวน วิธีที่นำมาใช้ในห้องปฏิบัติการด้านวิเคราะห์ดินของกรมพัฒนาที่ดินใช้วิธี core method

หลักการ

ดินในที่ต่าง ๆ จะมีค่าความหนาแน่นรวมแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน เนื้อดิน โครงสร้างของดิน และการเขตกรรม เป็นต้น โดยทั่ว ๆ ไปค่าความหนาแน่นรวมของดินบนที่มีเนื้อดินเป็นดินเหนียว ดินร่วนปนเหนียว และดินร่วนปนทรายแป้ง มีค่าอยู่ในช่วง $1.20 - 1.80 \text{ g cm}^{-3}$ ส่วนใหญ่ค่าความหนาแน่นรวมของดินจะเพิ่มขึ้นตามความลึกเนื่องจากมีอินทรีย์วัตถุน้อยกว่าดินบน ดินล่างต้องรับน้ำหนักของดินที่อยู่ข้างบนหรือเครื่องมือเขตกรรม การเหยียบย่ำของคนหรือสัตว์



26 คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช ๑

Core method

อุปกรณ์

1. ชุดอุปกรณ์ตอกเก็บตัวอย่างดินแบบไม่รบกวนโครงสร้างดิน (Soil core sampler)
2. กระบอกลูกเก็บตัวอย่างดิน (Core) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 7 cm สูง 4 cm โดยประมาณ พร้อมฝาปิดทั้ง 2 ด้าน
3. จอบ เสียม พลั่วตักดิน กระดาษขาว มีดปาดดิน ตู้อบดิน desiccator และเครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง

วิธีวิเคราะห์

1. เก็บ undisturbed soil core โดยใช้กระบอกลูกโลหะเจาะลงไป在地ตามความลึกที่ต้องการ แล้วปาดหน้าดินทั้งสองด้านของกระบอกลูกให้เรียบพอดีกับปากกระบอกลูกด้วยมีดปาดดิน
2. ชั่งน้ำหนักของกระบอกลูกที่มีดินบรรจุอยู่ ($W_{sw} + W_a$) การชั่งน้ำหนักในขั้นนี้เพื่อประโยชน์ในการหาความชื้นของดิน
3. นำกระบอกลูกโลหะที่มีดินบรรจุอยู่เข้าตู้อบซึ่งมีอุณหภูมิ 105°C จนกระทั่งได้น้ำหนักที่คงที่ ก่อนชั่งน้ำหนักควรปล่อยให้ดินและกระบอกลูกเย็นลงก่อน ($W_s + W_a$) ใน desiccator
4. ชั่งน้ำหนักของกระบอกลูกโลหะเปล่า (W_a) พร้อมทั้งวัดเส้นผ่าศูนย์กลางและความยาวของกระบอกลูก แล้วคำนวณหาปริมาตรภายในของกระบอกลูก (V_s)

การคำนวณ

$$\text{ความหนาแน่นรวมของดิน, } \rho_b = \frac{(W_s + W_a) - W_a}{V_s}$$



Clod method

อุปกรณ์

1. เครื่องชั่ง triple beam
2. Hot plate
3. Beaker 500 mL
4. Paraffin
5. เส้นด้าย

วิธีวิเคราะห์

1. เลือกก้อนดินแห้ง (oven-dry clod) ที่มีน้ำหนักประมาณ 30 g บัดฝุ่นหรืออนุภาคดินที่ไม่เกาะติดแน่นกับก้อนดินออก
2. ผูกก้อนดินด้วยเส้นด้าย ดูเพื่อให้แขวนลอยในอากาศได้ นำไปชั่งโดยใช้เครื่องชั่ง triple beam (W) ควรเก็บก้อนดินนี้ใน dessicator ก่อนนำไปใช้
3. อุ่น paraffin ที่อุณหภูมิประมาณ $59\text{ }^{\circ}\text{C}$ แล้วหย่อนก้อนดินลงไปให้ท่วมก้อนดินทั้งหมดประมาณไม่เกิน 1 วินาที ยกก้อนดินขึ้น เมื่อ paraffin แข็งตัว ตรวจสอบว่า paraffin เคลือบก้อนดินทั่วถึงหรือไม่ มิฉะนั้น ควรจุ่มลงไปใน paraffin เหลวอีกครั้ง
4. ชั่งก้อนดินที่เคลือบด้วย paraffin (W_p)
5. ชั่งก้อนดินที่เคลือบด้วย paraffin ในน้ำโดยให้ก้อนดินแขวนอยู่ใต้น้ำ (W_w)

การคำนวณ

$$p_b = \frac{W}{\frac{(W_p - W_w)}{\rho_w} - \frac{(W_p - W)}{\rho_p}}$$



28 คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช ๑

ซึ่ง ρ_w และ ρ_p คือความหนาแน่นของน้ำและ paraffin ตามลำดับ โดย
 $\rho_w = 1 \text{ g cm}^{-3}$ และ $\rho_p = 0.9 \text{ g cm}^{-3}$

การแปลผล

สำหรับค่าวิกฤตความหนาแน่นรวมของดินที่มีผลต่อการชอนไชของรากพืชนั้น มีผู้ให้ค่าโดย ประมาณไว้ดังนี้

ดินทรายและดินร่วน > $1.6 - 1.8 \text{ g cm}^{-3}$
 ดินทรายแป้ง > $1.4 - 1.6 \text{ g cm}^{-3}$

ดินเหนียว ผันแปรมาก แต่ถ้ามีค่าเท่ากับหรือมากกว่า 1.3 g cm^{-3} จะทำให้ช่องว่างของอากาศในดินลดลง

ในการจำแนกดินตามระบบอนุกรมวิธานดิน ค่าความหนาแน่นดิน จะถูกนำมาใช้ในการวินิจฉัยสมบัติของดินที่มีแก๊สเขาไฟ นอกจากนี้ค่าความหนาแน่นรวมของดินยังใช้ในการตรวจสอบการเกิดชั้นดานโดยเฉพาะพวก fragipan ใช้ประเมินระดับการสลายตัวและการเปลี่ยนแปลงของชั้นวัตถุต้นกำเนิดดิน ใช้ประเมินการเปลี่ยนแปลงปริมาตรของดินระหว่างการกำเนิดดิน ซึ่งการตีความหมายจะใช้การเปรียบเทียบ การเปลี่ยนแปลงค่าความหนาแน่นในแต่ละชั้นดิน นอกจากนี้ยังใช้คำนวณมวลของดินที่ต้องเคลื่อนย้ายในการขุดพื้นที่ทำบ่อหรือถมพื้นที่หรือคำนวณมวลของชั้นไทรพรอน และที่ใช้กันมากคือ ใช้คำนวณแปลงค่าปริมาณน้ำเชิงมวลเป็นปริมาณน้ำเชิงปริมาตร ซึ่งใช้ในการคิดปริมาณน้ำเพื่อการชลประทาน



เอกสารอ้างอิง

- พิมพ์พันธ์ เจิมสวัสดิพงษ์. 2526. เอกสารประกอบการสอนวิชาปฏิบัติการ
ฟิสิกส์ทางดิน. ภาควิชาปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหา
วิทยาลัยขอนแก่น, 59 น.
- สำออง ศรีนิลทา. 2510. คู่มือปฏิบัติการวิชาฟิสิกส์ของดิน. ภาควิชาปฐพี
วิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 325 น.
- สุนทรีย์ ยิ่งชัชวาลย์. 2536. บทปฏิบัติการปฐพีวิทยามูลฐาน. ภาควิชาปฐพี
วิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน. 113 น.
- Blake, G.R. 1965. Bulk density. In C.A. Blake. et. al. (eds.). Method of Soil
Analysis, Part I. American Society of Agronomy Monograph.
No. 9. Madison, Wisconsin. U.S.A. pp.372-390.
- Culley, J.L.B. 1993. Density and Compressibility. In M. R. Carter. Ed., Soil
Sampling and Methods of Analysis, Part 3. Canadian Society of
Soil Science. Lewis Publishers. pp 529-539.



ความหนาแน่นของอนุภาคดิน (Particle density)

บทนำ

การวัดความหนาแน่นของวัตถุเป็นการวัดน้ำหนักของวัตถุต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร การวัดน้ำหนักของดินนั้นสามารถวัดได้โดยตรงโดยการชั่ง แต่การวัดปริมาตรของอนุภาคดินนั้นยากที่จะทำได้โดยตรง วิธีที่สะดวกและนิยมก็คือการแทนที่ของวัตถุในของเหลว แล้ววัดปริมาตรของของเหลวที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นของเหลวที่ใช้จึงควรแทรกซึมเข้าไปในช่องว่างที่มีอยู่ในดินได้เต็มทุกช่องและไล่อากาศออกได้หมด นอกจากนี้ความหนาแน่นของของเหลวนั้นควรคงที่แม้จะถูกดูดซับอยู่บนผิวของอนุภาคดิน

หลักการ

โดยที่ประมาณร้อยละ 95 ของมวลของอนุภาคดินประกอบด้วยแร่ต้นกำเนิด เช่น ควอตซ์ เฟลสปาร์ ไมกา และสารประกอบซิลิกา เป็นต้น ซึ่งแร่เหล่านี้มีความหนาแน่นเฉลี่ยอยู่ในช่วง $2.60 - 2.90 \text{ g cm}^{-3}$ หรือ Mg m^{-3} เพราะฉะนั้น ดินโดยทั่วไปจึงมีความหนาแน่นอนุภาคอยู่ในช่วงนี้ด้วย ความหนาแน่นอนุภาคดินคิดจากก้อนดินโดยตรง ขนาดและการจัดเรียงโครงสร้างของอนุภาคดิน จึงไม่มีผลต่อค่าความหนาแน่นอนุภาค แต่ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน ซึ่งมีความหนาแน่นอนุภาคต่ำกว่าก้อนแร่ คือมีค่าประมาณ 0.8 Mg m^{-3} มีผลทำให้ความหนาแน่นอนุภาคต่ำลง ดังนั้น ดินอินทรีย์จึงมีความหนาแน่นอนุภาคน้อยกว่าดินอนินทรีย์มาก



อุปกรณ์

1. Volumetric flask ขนาด 50 mL
2. Hot plate และภาชนะใส่น้ำ หรือ water bath
3. เครื่องชั่ง

วิธีการ

1. ชั่งน้ำหนัก volumetric flask ที่แห้งและสะอาดแล้วบันทึกน้ำหนักไว้ (W_a)
2. ถ่ายตัวอย่างดิน (air dry) ประมาณ 10 g ลงใน volumetric flask บันทึกน้ำหนักดินที่เป็น oven-dry weight ไว้ (W_s)
3. เติมน้ำกรองที่ผ่านการต้มให้เดือดและปล่อยให้เย็นประมาณ 15 mL ลงใน volumetric flask ที่มีดินบรรจุอยู่
4. นำสิ่งที่ได้ในข้อ 3 ไปต้มเพื่อไล่อากาศที่ละลายอยู่ในน้ำกรอง และติดอยู่กับอนุภาคดิน (entrapped air) ระวังอย่าให้เดือดจนล้น ต้มจนฟองอากาศหมดซึ่งใช้เวลาประมาณ 2-3 วัน ระหว่างต้มควรเขย่า volumetric flask เบา ๆ เพื่อไม่ให้ฟองล้น
5. ตั้ง volumetric flask ที่ต้มแล้วไว้จนเย็นเท่าอุณหภูมิห้อง ค่อย ๆ เติมน้ำกรองซึ่งไล่อากาศออกแล้ว (โดยการต้มและปล่อยให้เย็นลง) ใน volumetric flask จนได้ปริมาณ 50 mL ทำความสะอาดและเช็ด volumetric flask ให้แห้งแล้วชั่งน้ำหนัก (W_{sw})
6. วัดอุณหภูมิของของเหลวใน volumetric flask
7. ทำความสะอาด volumetric flask อีกใบใส่น้ำกรองที่ไล่อากาศออกแล้วจนได้ปริมาตร 50 mL เช็ดรอบ ๆ ให้แห้ง ชั่งน้ำหนัก (W_w)
8. วัดอุณหภูมิของน้ำกรองใน volumetric flask



32 คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช ๑

การคำนวณ

คำนวณหา particle density ได้จากสูตรดังต่อไปนี้

$$\rho_s = \frac{\rho_w (W_s)}{(W_w - W_a) - (W_{sw} - W_s - W_a)}$$

หมายเหตุ อุณหภูมิข้อที่ 6 และ 8 ควรเท่ากัน

ถ้าอุณหภูมิในข้อ 6 และ 8 ไม่เท่ากัน และ W_s เป็นน้ำหนักของ air dry soil, ρ_s หาได้จาก

$$\rho_s = \frac{100 (W_s) / (100 + W)}{(W_w - W_a) / \rho_{w2} - (W_{sw} - W_s - W_a) / \rho_{w1}}$$

โดยที่ W = เปอร์เซ็นต์ความชื้นของตัวอย่างดินโดยน้ำหนัก

ρ_{w1} และ ρ_{w2} = ความหนาแน่นของน้ำที่อุณหภูมิในข้อ 6 และ 8 ตามลำดับ

การแปลผล

เช่นเดียวกับหัวข้อ หลักการ



เอกสารอ้างอิง

- กรรณิการ์ อยู่ทอง. 2537. การวิเคราะห์ดินเพื่อการจำแนกดินตามระบบอนุกรมวิธานดิน, น. 1-13
- พิมพ์นธ์ เจิมสวัสดิพงษ์. 2526. เอกสารประกอบการสอนวิชาปฏิบัติการฟิสิกส์ทางดิน. ภาควิชาปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 59 น.
- สุนทรีย์ ยิ่งชัชวาลย์. 2536. บทปฏิบัติการปฐพีวิทยามูลฐาน. ภาควิชาปฐพีวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. วิทยาเขตกำแพงแสน, 113 น.
- Blake, G.R. 1965. Particle density. In C.A. Blake. et al. (eds.). Methods of Soil Analysis, Part I. American Society of Agronomy Monograph. No. 9. Madison, Wisconsin. U.S.A. pp.371-373



ความชื้นในดิน (Soil Water Content)

บทนำ

ในทางปฐพีวิทยากระบวนการผุพังและกระบวนการเกิดชั้นดิน การเจริญเติบโตของพืช การจัดการดิน รวมทั้งการใช้ที่ดินในด้านอื่นนอกเหนือจากการเกษตรส่วนใหญ่ ล้วนแล้วแต่มิ่่น้ำเข้าไปเกี่ยวข้องเป็นปัจจัยสำคัญ ในด้านการเกษตรน้ำเป็นปัจจัยสำคัญต่อผลผลิตของพืชเป็นอย่างมาก ดังนั้นการตรวจวัดปริมาณน้ำที่มีอยู่ในดิน จะสามารถกำหนดปริมาณน้ำให้แก่ดินได้ เพื่อเป็นหลักประกันว่าพืชจะได้รับน้ำอย่างเพียงพอ และเป็นการใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ

หลักการ

การดูยึดตัวของดินทำให้น้ำที่แทรกซึมลงในดินยังคงค้างอยู่ตามช่องหรือเคลือบเป็นฟิล์มรอบอนุภาคดิน และคงอยู่นานพอที่จะตรวจวัดจำนวนได้ การวัดจำนวนของน้ำในดินนิยมวัดเป็นระดับความชื้น (water content) ซึ่งหมายถึงสัดส่วนระหว่างปริมาณของน้ำกับปริมาณของดินที่น้ำนั้นบรรจุอยู่ ซึ่งอาจแสดงได้หลายรูปแบบ ดังนี้

1. ระดับความชื้นโดยมวล (mass water content)

ระดับความชื้นโดยมวล หมายถึง สัดส่วนระหว่างมวลของน้ำกับมวลของดินแห้ง ซึ่งบรรจุน้ำอยู่ แสดงได้ดังสมการ

$$\theta_m = \frac{m_w}{m_s} \dots\dots\dots(1)$$



ในที่นี้ θ_m คือ ระดับความชื้นโดยมวล m_w คือ มวลของน้ำในดิน และ m_s คือ มวลของดินแห้งสนิทที่ผ่านการอบแห้งในตู้อบที่อุณหภูมิ 105 - 110 °C จนมีมวลคงที่

2. ระดับความชื้นโดยปริมาตร (volume water content)

ระดับความชื้นโดยปริมาตร หมายถึง สัดส่วนระหว่างปริมาตรของน้ำในดินกับปริมาตรรวมของดิน ปริมาตรรวม (bulk volume) ในที่นี้ หมายถึง ผลรวมของปริมาตรของแข็ง (solid volume) และปริมาตรช่อง (pore volume) ระดับความชื้นโดยปริมาตรแสดงได้ตามสมการ

$$\theta_v = \frac{V_w}{V_s} \dots\dots\dots(2)$$

ในที่นี้ θ_v คือ ระดับความชื้นโดยปริมาตร V_w คือ ปริมาตรของน้ำในดิน และ V_s คือ ปริมาตรรวมของดิน

θ_v และ θ_m มีความสัมพันธ์กันตามสมการ

$$\theta_v = \theta_m \cdot \frac{\rho_b}{\rho_w} \dots\dots\dots(3)$$

ในที่นี้ ρ_b คือ ความหนาแน่นรวม (bulk density) ของดิน และ ρ_w คือ ความหนาแน่นของน้ำ ระดับความชื้นโดยปริมาตรมีที่ใช้มากกว่าระดับความชื้นโดยมวล โดยเฉพาะเมื่อพิจารณาการไหลของน้ำในดิน แต่ขั้นตอนการประเมินระดับความชื้นโดยปริมาตรมีความยุ่งยากกว่า ดังนั้น จึงมักประเมินระดับความชื้นโดยปริมาตร จากสมการ (3) เมื่อทราบระดับความชื้นโดยมวล และความหนาแน่นรวมของดิน ณ จุดนั้น



36 คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช ๑

อุปกรณ์

1. กระป๋องเก็บตัวอย่างดิน (can) สำหรับการหาความชื้นโดยน้ำหนัก หรือกระป๋องโลหะเก็บตัวอย่างดินแบบรักษาโครงสร้าง (soil core sample) สำหรับการหาความชื้นโดยปริมาตร
2. จอบ เสียม พลั่ว
3. เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง
4. ตู้อบ
5. Desiccator

วิธีการ

การหาความชื้นของดินโดยน้ำหนัก (θ_m)

1. ชั่งน้ำหนักดินที่ต้องการหาความชื้น (Gravimetric water content, w) โดยใส่ตัวอย่างดินลงในกระป๋องสำหรับหาความชื้น (moisture can) น้ำหนักที่ชั่งได้คือ น้ำหนักของดิน + น้ำหนักน้ำ + น้ำหนักกระป๋อง เท่ากับ ($W_{sw} + W_a$)
2. นำตัวอย่างดินไปอบที่อุณหภูมิ 105 - 110 °C เป็นเวลาประมาณ 12 - 15 ชั่วโมง หรือจนกระทั่งได้น้ำหนักดินที่คงที่ (สำหรับตัวอย่างดินที่มีปริมาณมาก) เมื่อนำดินเข้าตู้อบควรเปิดฝากระป๋องเพื่อให้ไอน้ำระเหยจากดินได้สะดวก น้ำหนักที่ชั่งได้ คือ น้ำหนักดินแห้ง + น้ำหนักกระป๋อง ($W_s + W_a$)
3. ทำความสะอาดกระป๋องและฝา แล้วชั่งน้ำหนัก (W_a)

การคำนวณ

หาความชื้นของดินโดยน้ำหนักจาก

$$\theta_m = \frac{(W_{sw} + W_a) - (W_s + W_a)}{(W_s + W_a) - W_a}$$



การหาความชื้นของดินโดยปริมาตร (θ_v)

การเก็บตัวอย่างดิน การชั่งน้ำหนักเพื่อหาน้ำหนักของน้ำและการวัดขนาดของกระบอกโลหะสำหรับเก็บตัวอย่างดินเพื่อคำนวณปริมาตรของดิน (V_s) ปฏิบัติเช่นเดียวกับข้อ 1, 2, 3 ของการหาความชื้นของดินโดยน้ำหนักแล้วคำนวณหาความชื้นของดินโดยปริมาตรได้ดังนี้

$$\theta_v = \frac{(W_{sw} + W_a) - (W_s + W_a)}{\rho_w V_s}$$

$$\rho_w = \text{ความหนาแน่นของน้ำ (g cm}^{-3}\text{)}$$

การแปลผล

เมื่อระดับความชื้นของดินชนิดต่างๆ เท่ากัน ความเป็นประโยชน์ของน้ำในดินต่อพืชไม่จำเป็นจะต้องเท่ากันด้วย เพราะดินต่างชนิดกัน จะมีขนาด การกระจาย และความต่อเนื่องของช่องว่างในดินที่แตกต่างกัน ทำให้แรงดึงน้ำในดินต่างกันด้วย ดังนั้น ที่ความจุความชื้นสนาม ซึ่งเป็นความจุน้ำที่มากที่สุดที่ดินจะเก็บกักไว้ได้ และที่จุดเหี่ยวถาวร ซึ่งเป็นความจุน้ำที่น้อยที่สุดที่พืชจะนำไปใช้ได้ของดินแต่ละชนิดจึงมีค่าไม่เท่ากัน โดยทั่วไปดินเนื้อละเอียดจะมีความจุน้ำได้มากกว่าดินเนื้อหยาบกว่า แต่ความจุน้ำที่เป็นประโยชน์ไม่จำเป็นต้องมากกว่า

ความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อดินและการอุ้มน้ำของดินที่สภาวะความชื้นต่างๆ ได้แสดงไว้แล้วดังตารางที่ 1.3



38 คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช ฯ

เอกสารอ้างอิง

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2541. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. ภาควิชาปฐพีวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 547 น.

สุนทรียิ่งชัชวาลย์. 2536. บทปฏิบัติการปฐพีวิทยามูลฐาน. ภาควิชาปฐพีวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน. 113 น.

Gardner, W. H. 1986. Water Content. In A. Klute. et. al. (eds.). Method of Soil Analysis, Part I. American Society of Agronomy Monograph. No. 9. Madison, Wisconsin. U.S.A. pp.493-544.

Topp, G. C. 1993 Soil Water Content. In M. R. Carter. Ed., Soil Sampling and Methods of Analysis, Part 3. Canadian Society of Soil Science. Lewis Publishers. pp 541-557.



การวัดการนำน้ำของดินในสภาพที่อิ่มตัวในห้องปฏิบัติการ Laboratory Measurement of Hydraulic Conductivity of Saturated Soil

บทนำ

การที่น้ำจะเคลื่อนที่ผ่านดินซึ่งเปรียบเสมือนวัตถุพรุนได้นั้นจะต้องมีแรงมากระทำ ซึ่งแรงเหล่านี้ก็มีอยู่มากมาย เช่น เกรเดียนท์ของแรงดัน (pressure gradient) หรือแรงดึงดูดของโลก (gravitational) หรือแรงดูดยึด (adsorption) เป็นต้น โดยทั่วไปแล้วแรงที่มากระทำเพื่อให้เกิดการเคลื่อนที่ของน้ำในดินชั้นนั้นเรียกว่าแรงขับเคลื่อน (driving force)

หลักการ

จากที่ทราบกันดีแล้วว่าปริมาณการไหล (discharge rate - Q) นั้นคือ ปริมาตรของน้ำที่เคลื่อนที่ (volume flowing - v) ต่อหน่วยเวลา (time - t) ซึ่งจะเป็นสัดส่วนโดยตรง (directly proportional) กับพื้นที่หน้าตัดของการไหล (cross section area - A) และความต่างระดับของน้ำระหว่างจุดสองจุดที่เกิดการไหล (hydraulic head drop - ΔH) และเป็นสัดส่วนกลับ (inversely proportional) กับระยะทาง (length - L) ซึ่งถ้าเขียนเป็นสมการก็จะได้เป็น

$$Q = \frac{v}{t} \propto \frac{A \Delta H}{L} \dots\dots\dots(1)$$

จากสมการพบว่าความต่างระดับต่อหน่วยระยะทาง ($\Delta H/L$) ก็คือ เกรเดียนท์ของพลังงานของน้ำ (hydraulic gradient) นั่นเอง ซึ่งจะทำหน้าที่เป็นแรงขับเคลื่อนของการไหลของน้ำในดิน



40 คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช ๑

จากสมการที่ 1 ถ้าให้ q เป็น flux density (specific discharge rate) ก็จะได้เป็น

$$q = \frac{Q}{A} = \frac{v}{At} \propto \frac{\Delta H}{L} \dots\dots\dots(2)$$

จากสมการที่ 2 ถ้าหากเราต้องการเปลี่ยนเครื่องหมายสัดส่วนให้เป็นเครื่องหมายเท่ากับ จะต้องใช้ตัวคงที่เข้ามา ดังนั้นสามารถเขียนใหม่ได้เป็น

$$q = K \frac{\Delta H}{L} \dots\dots\dots(3)$$

ซึ่งค่าคงที่ (K) ในสมการที่ 3 ก็คือค่าการนำน้ำ (hydraulic conductivity) ของดินนั่นเองและกฎนี้เรารู้จักกันในนามของกฎของดาร์ซี (Darcy's Law) และจากสมการนี้ทำให้เราสามารถคำนวณหาค่าการนำน้ำของดินได้

เนื่องจากในสภาพธรรมชาติแล้วดินจะมีน้ำอยู่ 2 สภาวะคือ สภาวะที่อิ่มตัวด้วยน้ำ (saturated condition) ซึ่งหมายถึงช่องว่างในดินทุกส่วนจะมีน้ำอยู่เต็ม และอีกสภาวะหนึ่งคือสภาวะที่ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ (unsaturated condition) หมายถึงช่องว่างในดินมีน้ำอยู่เพียงบางส่วนเท่านั้น ดังนั้นการเคลื่อนที่ของน้ำในดินจึงมีอยู่ 2 สภาวะเช่นเดียวกัน เมื่อเป็นเช่นนี้ค่าการนำน้ำของดินจึงมีอยู่ 2 ค่า เช่นกัน คือการนำน้ำในสภาพอิ่มตัว (saturated hydraulic conductivity) และการนำน้ำของดินในสภาพที่ไม่อิ่มตัว (unsaturated hydraulic conductivity) ในที่นี้จะเป็นการวัดค่าการนำน้ำในสภาพอิ่มตัวของดินโดยการเก็บตัวอย่างดินมาวัดในห้องปฏิบัติการ

การวัดค่าการนำน้ำของดินในห้องปฏิบัติการนั้นที่นิยมใช้กันมีอยู่ 2 วิธีคือ

1. วิธีรักษาระดับน้ำให้คงที่ (Constant-head method) วิธีนี้เป็นการปล่อยให้น้ำซึมผ่านตัวอย่างดิน โดยการรักษาระดับของน้ำเหนือตัวอย่าง



ดินให้คงที่อยู่ตลอดเวลา แล้วจึงวัดปริมาณของน้ำที่ซึมผ่านตัวอย่างดินไปในระยะเวลาหนึ่งๆ วิธีนี้มักนิยมใช้กับดินที่มีค่าการนำน้ำค่อนข้างสูง

2. วิธีให้ระดับน้ำลดลง (Falling-head method) เป็นวิธีที่ปล่อยให้น้ำเหนือตัวอย่างดินซึมผ่านตัวอย่างดินไปแล้วจึงวัดการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำเหนือผิวดินในช่วงเวลาหนึ่งๆ วิธีนี้มักนิยมใช้กับดินที่มีค่าการนำน้ำค่อนข้างต่ำ

สำหรับการทดลองนั้นใช้วิธีการรักษาให้ระดับน้ำคงที่ ซึ่งเป็นวิธีที่กระทำได้ง่ายและสามารถดัดแปลงใช้กับเครื่องมือหรือวัสดุที่หาได้ง่าย (ถนนม, 2528)

อุปกรณ์

1. ตัวอย่างดินเก็บแบบรักษาโครงสร้าง มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับกระบอกเก็บตัวอย่างดิน ($\phi \approx 7.25$ cm, $h \approx 4.00$ cm) โดยที่ดินยังคงค้างอยู่ในกระบอกเก็บดิน

2. กระบอกเก็บตัวอย่างดินเปล่า ใช้เป็นตัวต่อกับกระบอกเก็บตัวอย่างดินจากข้อ 1 และมีขนาดเดียวกัน

3. แถบยาง ใช้รัดตรึงรอยต่อของกระบอกดินที่ได้จากข้อ 1, 2 อาจใช้ยางในของรถจักรยานยนต์มาตัดให้ได้ขนาดกว้างประมาณ 3 cm

4. ผ้าขาวบาง ขนาดโตกว่ากระบอกเก็บตัวอย่างดินเล็กน้อย

5. ไม้บรรทัดวัด และกระบอกตวง

6. กรวยกรองและปิเกตอร์

7. กระดาษซับหรือกระดาษกรอง

8. นาฬิกาจับเวลา

9. ขวดสำหรับวัดการนำน้ำในสภาพอิ่มตัวโดยวิธีการรักษาให้ระดับน้ำคงที่แบบง่ายๆ มีหลอดแก้ว 2 หลอดยึดด้วยจุกยางปิดปากขวด หลอด



4.2 คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช ๑

หนึ่งเป็นหลอดแก้วตรง ปลายบนต่อกับสายยาง อีกหลอดแก้วเป็นรูปถ้วย ให้ปลายหลอดแก้วทั้งสองในขวดอยู่ลึกเกือบถึงก้นขวด

วิธีการ

1. เตรียมตัวอย่างดินโดยการใช้ผ้าขาวบางหุ้มปลายด้านคมของ กระบอกที่มีตัวอย่างดินโดยใช้ยางรัด ต่อกระบอกเปล่าเข้ากับอีกปลาย หนึ่งของกระบอกดินโดยใช้ยางในรถจักรยานยนต์รัดให้ติดกันให้สนิท อย่า ให้น้ำรั่วออกมาตามรอยต่อของสองกระบอก

2. นำตัวอย่างดินไปทำให้อิ่มตัวด้วยน้ำ โดยการแช่กระบอกดินใน น้ำให้ด้านที่หุ้มด้วยผ้าจมอยู่ในน้ำ และให้ระดับน้ำสูงประมาณ 3/4 ของ ตัวอย่างดิน ใช้เวลาไม่ต่ำกว่า 15 ชั่วโมง เมื่อตัวอย่างดินอิ่มตัวด้วยน้ำแล้ว จะสังเกตได้โดยที่ด้านบนของตัวอย่างจะมีน้ำเอ่อเต็มอยู่

3. นำตัวอย่างดิน (2 กระบอกติดกัน) ไปวางบนกรวยที่รองรับอยู่ข้างล่าง และ มีปิ๊กเกอร์รองรับอยู่ข้างล่าง ใช้กระดาษซับวางปิดตัวอย่างดินด้านบน

4. จัดความสูงของปลายหลอดแก้วถ้วยให้อยู่เหนือผิวดินของ กระบอกดินเล็กน้อย แล้วจึงใช้กระบอกพลาสติกเปล่าบีบไล่ลมเข้าขวด ไล่น้ำไหลออกจากขวดลงบนตัวอย่างดิน

5. เมื่อมีน้ำไหลผ่านดินและหยดลงสู่กรวยที่รองรับอยู่ข้างล่าง และ ระดับของน้ำในกระบอกต่อครั้งที่แล้ว จึงจับเวลาและใช้ปิ๊กเกอร์อีกใบ รองรับน้ำที่ไหลผ่านตัวอย่างดินลงมา

6. เมื่อถึงเวลาที่กำหนด (t) (อาจจะเป็น 30 นาทีถ้าหากน้ำไหลผ่าน ดินค่อนข้างเร็ว หรือ 1 ชั่วโมงถ้าหากน้ำไหลช้า) แล้วจึงนำน้ำที่รองรับได้ใน ปิ๊กเกอร์ไปวัดด้วยกระบอกตวง (Q)



7. วัดความต่างระดับของน้ำ โดยวัดจากระดับน้ำในกระบอกต่อกับขอบล่างสุดของตัวอย่างดิน (H)
8. วัดความสูง (L) และพื้นที่หน้าตัด (A) ของตัวอย่างดิน
9. คำนวณค่าการนำน้ำของดิน (K) ได้จากสมการ

$$K = \frac{QL}{At\Delta H} \dots\dots\dots(4)$$

การแปลผล

นำค่าการนำน้ำที่คำนวณได้ไปจัดชั้นของการนำน้ำจากตาราง (O'Neal, 1952)

Hydraulic conductivity class (cm h⁻¹)

Very Slow	(VS)	< 0.125
Slow	(S)	0.125 – 0.5
Moderately Slow	(MS)	0.5 – 2.0
Moderate	(M)	2.0 – 6.25
Moderately Rapid	(MR)	6.25 – 12.5
Rapid	(R)	12.5 – 25.0
Very Rapid	(VR)	> 25.0



44 คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช ฯ

เอกสารอ้างอิง

ถนนอม คลอดเพ็ง. 2528. วิธีการของปฐพีฟิสิกส์วิเคราะห์. ภาควิชาปฐพี
ศาสตร์และอนุรักษศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัย
เชียงใหม่. 205 น.

สุนทรีย์ ยิงซ์ชวาลย์. 2536. บทปฏิบัติการปฐพีวิทยามูลฐาน. ภาควิชา
ปฐพีวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.
113 น.

Klute, A. and C. Dirksen. 1986. Hydraulic Conductivity and Diffusivity:
Laboratory Methods. In A. Klute. et. al. (eds.). Method of Soil
Analysis, Part I. American Society of Agronomy Monograph.
No. 9. Madison, Wisconsin. U.S.A. pp.687-734.

Reynolds, W.D. 1993. Hydraulic Conductivity: Laboratory Measurement. In
M. R. Carter. Ed., Soil Sampling and Methods of Analysis, Part 3.
Canadian Society of Soil Science. Lewis Publishers. pp 589-598.



ส่วนที่ 2
เคมีดิน







การเก็บตัวอย่างและการเตรียม ตัวอย่างดินเพื่อการวิเคราะห์

การเก็บตัวอย่างดินเพื่อการวิเคราะห์หรือการวิจัย เพื่อทราบถึง ความอุดมสมบูรณ์ของดิน ปริมาณธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ปริมาณทั้งหมดของธาตุอาหาร สมบัติทางเคมีของดินบางประการ เช่น ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน เกลือในดิน ปริมาณปูนที่ใช้แก้ความ เป็นกรดของดิน เป็นเรื่องสำคัญที่สุด ทั้งนี้เพราะผลของการวิเคราะห์ดิน จะมีความถูกต้อง เชื่อมั่นได้เพียงใด ขึ้นอยู่กับตัวอย่างดินที่เก็บมา ถ้าเก็บ ตัวอย่างดินไม่ถูกต้องตามหลักวิชาการ คือไม่เป็นตัวแทนที่แท้จริงของ ดินในพื้นที่นั้น ถึงแม้ว่าจะทำการวิเคราะห์ละเอียดสักเพียงใดก็ตาม ผลการวิเคราะห์ที่ได้ออกมา ก็ไม่สามารถนำมาใช้ประเมินได้ถูกต้อง ทำให้ เสียทั้งเวลาและสิ้นเปลืองสารเคมีซึ่งใช้ไปในกระบวนการวิเคราะห์ โดยทั่วไปการ ที่จะเก็บตัวอย่างดินให้มีปริมาณและสมบัติทุกประการเหมือนกับดิน ทั้งหมดในบริเวณนั้น เป็นสิ่งที่เป็นไปไม่ได้ ทั้งนี้เพราะว่าดินมีสมบัติและ ปริมาณธาตุต่าง ๆ ที่ไม่สม่ำเสมออยู่แล้ว ดังนั้นการเก็บตัวอย่างดินจึง ต้องทำให้ถูกหลักเกณฑ์ เพื่อว่าตัวอย่างดินที่เก็บมาวิเคราะห์นั้น จะเป็น ตัวแทนที่ดีของดินส่วนใหญ่ในพื้นที่นั้น ๆ ให้มากที่สุดเท่าที่จะมากได้

การเก็บตัวอย่างดินมาวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและปริมาณ ธาตุอาหาร เพื่อการวิจัย การแนะนำแก้ไขปรับปรุงบำรุงดินและการใช้ปุ๋ย นั้น ตัวเลขที่ได้จากการวิเคราะห์จะมีค่าถูกต้องเพื่อการประเมินความอุดม สมบูรณ์และปรับปรุง ควรคำนึงถึงความสำคัญต่าง ๆ ดังนี้

(1) ตัวอย่างดินนั้นต้องเป็นตัวแทนที่แท้จริง ซึ่งมีปริมาณธาตุ ต่าง ๆ และสมบัติเหมือนกับดินบริเวณนั้น



48 คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช ๑

(2) จากระยะเวลาที่เก็บตัวอย่างดินจนถึงขณะที่เตรียมตัวอย่างดิน ต้องไม่มีปฏิกิริยาอันใดเกิดขึ้น ซึ่งจะทำให้สมบัติดินเปลี่ยนไป เช่น ดินเปรี้ยวจัด หรือดินกรดจัด ถ้าดินที่เก็บมามีปริมาณสารไพไรท์ (FeS_2) อยู่ด้วย เมื่อสารไพไรท์ถูกอากาศจะมีปฏิกิริยาเกิดขึ้น กลายเป็นสารจาโรไซต์และกรดกำมะถัน ดังนั้น ถ้าดินเป็นดินเปรี้ยวจัด และมีชั้นเลนลึก ซึ่งมีธาตุกำมะถันสูง ถ้าจะเก็บดินชั้นนี้มาวิเคราะห์จำเป็นต้องเก็บวิธีพิเศษ

(3) การแบ่งตัวอย่างดินที่จะใช้วิเคราะห์นั้น ต้องแน่ใจว่าจะมีปริมาณและสมบัติเป็นตัวแทนของตัวอย่างเดิม

1. การเก็บตัวอย่างดิน

ก. อุปกรณ์เก็บตัวอย่างดิน

- (1) หลอดเจาะ (soil sampling tube)
- (2) จอบ
- (3) สว่านเจาะ (soil auger)
- (4) กระบอกเจาะ (core type auger)
- (5) พลั่ว
- (6) ถังพลาสติกขนาดกลาง
- (7) ผ้าพลาสติก ขนาดประมาณ 30x30 นิ้ว
- (8) ถุงพลาสติก หรือกล่องกระดาษ

ข. วิธีเก็บตัวอย่างดิน

วิธีการเก็บตัวอย่างดินนั้นเป็นที่ทราบกันทั่วไปแล้วว่า จะต้องเก็บให้ถูกต้องเป็นตัวแทนของพื้นที่ที่ต้องการทราบสมบัติและความอุดมสมบูรณ์ของดิน และมีความสำคัญเป็นอันดับแรกของการวิเคราะห์ดิน



ดังกล่าวข้างต้น ดังนั้นการเก็บตัวอย่างดินให้ได้ตัวอย่างดินที่ดี ควรคำนึงถึง

(1) ช่วงเวลาที่เหมาะสม การเก็บตัวอย่างดินสามารถทำได้ตลอดปี แต่เวลาที่เหมาะสมที่สุด คือ ตอนปลายฤดูปลูก หรือภายหลังจากเก็บเกี่ยวพืชผลไปแล้ว เพื่อที่จะทราบถึงสถานการณ์ของดิน เช่น มีธาตุอาหารเหลืออยู่เท่าใด มีความเป็นกรดเป็นด่างเพิ่มขึ้นหรือไม่ เป็นต้น เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการแก้ไข ปรับปรุง บำรุงดิน และการให้ปุ๋ยแก่พืชในฤดูถัดไป

(2) ความชื้นในดิน ไม่ควรเก็บตัวอย่างดินในขณะที่ดินยังเปียกมากหรือมีน้ำขังอยู่ เพราะยากที่จะคลุกเคล้าดินให้เข้ากันได้สนิท ความชื้นที่เหมาะสมแก่การเก็บตัวอย่างดิน อาจสังเกตได้คือ เอาดินที่จะเก็บนั้นขึ้นมาบีบและกำให้แน่น เมื่อแบมือออกดินจะไม่ติดมือ คงจับกันเป็นก้อน และเมื่อบีบออกจะร่วน

(3) สถานที่เก็บตัวอย่างดิน เป็นส่วนสำคัญที่จะต้องคำนึงถึงโดยใช้การสังเกต โดยอย่าเก็บตัวอย่างดินในบริเวณที่เป็นบ้านเก่า หรือคอกสัตว์เก่า หรือบริเวณที่มีปุ๋ยตกค้างอยู่ จะทำให้ได้ตัวอย่างที่ไม่เป็นตัวแทนที่ดีของดินแปลงที่ต้องการวิเคราะห์

(4) เครื่องมือที่ใช้เก็บตัวอย่างดิน

(4.1) เครื่องมือสำหรับเจาะ ชุดตัวอย่างดิน อาจจะใช้เครื่องมือที่ทำได้ทั่วไปตามบ้านเรือน เช่น พลั่ว จอบ เสียม หรือใช้เครื่องมือสำหรับเจาะเก็บตัวอย่างดินเฉพาะ เช่น สว่านเจาะ (soil auger) หลอดเจาะ (soil sampling tube) และกระบอกเจาะ (core type auger) ทั้งนี้แล้วแต่ความเหมาะสมของสภาพดิน และวัตถุประสงค์ในการเก็บ

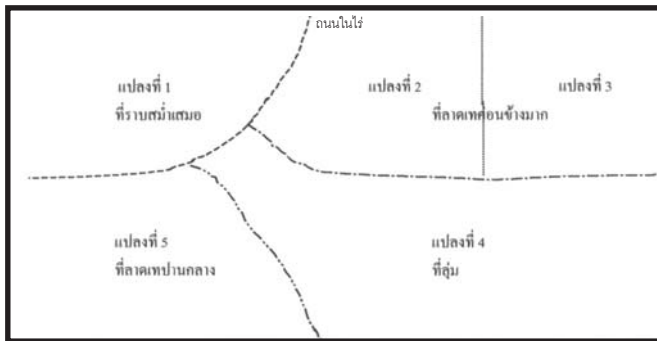


50 คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช ฯ

(4.2) ภาชนะสำหรับเก็บรวบรวมตัวอย่างดินและบรรจุตัวอย่างดิน ได้แก่ ถังพลาสติก ผ้าพลาสติก ถุงพลาสติก ขวดพลาสติก หรือกล่องกระดาษ

เครื่องมือที่ใช้เก็บตัวอย่างดินและบรรจุดินจะต้องสะอาด ไม่มีดิน ปุ๋ย ยาฆ่าแมลง ยากำจัดโรคพืช และวัชพืช หรือผงสกปรกอื่น ๆ ติดอยู่ แม้จะเข้าไปปะปนเพียงเล็กน้อยก็ตาม ทำให้ผลการวิเคราะห์ดินไม่ถูกต้อง

(5) ขนาดของแปลงที่เก็บตัวอย่างดิน ขนาดของแปลงต่อดิน 1 ตัวอย่าง ไม่จำกัดแน่นอนแต่ไม่ควรเกิน 25 ไร่ ขึ้นอยู่กับลักษณะภูมิประเทศวิธีการเริ่มด้วยแบ่งบริเวณที่จะเก็บตัวอย่างออกเป็นอาณาเขตต่างๆ โดยแต่ละอาณาเขตควรมีคุณสมบัติและสิ่งแวดล้อมคล้ายคลึงกัน เช่น ชนิดของดิน สีของดินชั้นบน สภาพพื้นที่ลาดเท หรือราบเรียบ ดังภาพที่ 2.1 และประวัติการใช้ปุ๋ยหรือปุ๋ย ชนิดของพืชที่ปลูกในบริเวณนั้น



ภาพที่ 2.1 แสดงการแบ่งแปลงเก็บตัวอย่างดินตามลักษณะความแตกต่างของพื้นที่

(6) วิธีเก็บตัวอย่างดิน การเก็บตัวอย่างดินนั้น มีจุดประสงค์ให้ได้ตัวแทนของดินทั้งหมดในแปลงนั้น ดังนั้นการขุดเจาะ ความลึก และ



จำนวนหลุมที่เจาะหรือขุดนั้น จะต้องมียุทธศาสตร์ที่แน่นอนเพื่อให้ได้ตัวอย่างที่เป็นตัวแทนที่ดี ควรทำดังนี้

(6.1) ต้องวางหญ้าหรือกวาดเศษพืชและใบไม้คลุมดิน อยู่รอบข้างเสียก่อน แล้วใช้จอบ เสียม หรือพลั่ว ขุดหลุม เป็นรูปตัว V ลึก ประมาณ 15.0 เซนติเมตร จากผิวดินแะด้านข้างของหลุมหนาประมาณ 1.3 - 2.5 เซนติเมตร จากปากหลุมขนานลงไปตามหน้าดินที่ขุดไว้ลึกถึง ก้นหลุมแล้วจัดขึ้น หน้าดินก็จะติดมาบนพลั่ว จอบ เสียม จากนั้นใช้มีด พับตัดดินบนพลั่ว จอบ หรือเสียมออกเสีย เอาไว้แต่ดินตรงกลางกว้าง ประมาณ 2.5 - 5.0 เซนติเมตร (ดังรูป)

ทำดังนี้ทุกๆ หลุม จะได้ตัวอย่าง ดินที่ดี แล้วเก็บใส่ไว้ในถังพลาสติก

(6.2) ความลึก ความลึกที่จะเจาะเอาตัวอย่างดิน ในหลุมหนึ่งๆ ไม่จำกัดแน่นอน ขึ้น อยู่กับความต้องการที่จะศึกษา และชนิดของพืชที่จะปลูก ถ้าเป็น ดินที่ใช้ทำไร่นาเจาะลึกประมาณ 15.0 เซนติเมตร แต่ถ้าเก็บดิน สำหรับปลูกพืชพวกหญ้าอาหาร สัตว์ เก็บลึกเพียง 10.0 เซนติเมตร ก็พอเนื่องจากเป็นพืชที่ยังราก ตื้น (บางสถานที่อาจจะเก็บลึกกว่า ถ้าต้องการทราบอิทธิพลของดิน ล่าง) ส่วนดินสำหรับปลูกไม้ผล หรือ

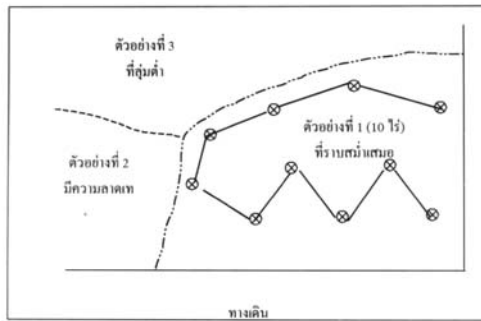




52 คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช ๑

ไม่ยื่นต้นเก็บอีกระยะหนึ่งถึง 50 เซนติเมตร แต่ถ้าดินล่างเป็นดินมีปัญหา ก็อาจจะเจาะลึกถึง 1 เมตร ทั้งนี้เพราะไม่ผลและไม่ยื่นต้นเป็นพืชที่ยัง รากเล็ก

(6.3) จำนวนหลุมที่จะเจาะในหนึ่งแปลง ตัวอย่างดินที่จะเป็นตัวแทนที่ดีของดินแปลงที่เก็บตัวอย่างนั้น ควรได้จากดินมากหลุม โดยปกติในแปลงขนาดเนื้อที่ 10-20 ไร่ ควรเจาะประมาณ 10-20 หลุม ในที่ต่าง ๆ กัน กระจายทั่วแปลง



ภาพที่ 2.2 แสดงจำนวนหลุมที่เจาะเก็บตัวอย่างดินในหนึ่งแปลง

(7) เมื่อเก็บดินตามแบบข้อ (6) ได้ครบทุกหลุมใส่ถังพลาสติกหมดแล้ว คลุกให้เข้ากัน ถ้าเป็นก้อนโตก็บี้ให้เป็นก้อนเล็ก ๆ คลุกเคล้าให้ทั่วสม่ำเสมอ กองดินนั้นลงบนผ้าพลาสติก คลุกเคล้าให้เข้ากันอีกครั้งหนึ่ง โดยการยกมุมผ้าพลาสติกขึ้นที่ละมุมสลับกันทำหลาย ๆ ครั้ง แล้วทำกองดินให้เป็นรูปฟลาซี แล้วทำเครื่องหมาย + บนยอดกองดินแบ่งดินออกเป็นสี่ส่วน ชักออกส่วนหนึ่งเก็บไว้ในถุงพลาสติก หรือกล่อง เพื่อส่งห้องปฏิบัติการต่อไป

(8) เขียนรายละเอียดเกี่ยวกับอาณาเขตบริเวณของพื้นที่ที่เก็บตัวอย่างดิน พร้อมทั้งประวัติต่าง ๆ ดังนี้



คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน หน้า ปู๋ย พีช ฯ 53

(แบบใบส่งตัวอย่างดิน)

สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน

วันที่กรายละเอียดการส่งตัวอย่าง

ชนิดของตัวอย่างที่ส่ง..... เลขรับที่..... วันที่.....

จำนวนตัวอย่างที่ส่ง..... เลขปฏิบัติการที่.....

แหล่งที่มาของการนำส่งตัวอย่าง

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> เกษตรกร | <input type="checkbox"/> เอกชน |
| <input type="checkbox"/> กอง/สำนัก/สห..... | <input type="checkbox"/> ส่วนราชการอื่นๆ |
| <input type="checkbox"/> งานวิจัย/โครงการ..... | |

วัตถุประสงค์ในการขอรับการตรวจสอบวิเคราะห์วิจัย ดำเนินการวิเคราะห์ตรวจสอบโดย
หรือระบุรายการที่ต้องการจะวิเคราะห์ให้ชัดเจน (สำหรับเจ้าหน้าที่กรอก)

- ส่วนวิจัยเคมีดิน
- ส่วนวิทยบริการ
- ส่วนวิจัยกายภาพดิน
- ส่วนวิจัยสิ่งแวดล้อมดิน
- ส่วนวิจัยแร่และจุลชีวฐานดิน
- ส่วนวิเคราะห์พืช ปู๋ยและสารปรับปรุงดิน

รายละเอียดเกี่ยวกับตัวอย่างที่ส่งวิเคราะห์ตรวจสอบ

ชื่อผู้นำส่งตัวอย่าง.....

ชื่อผู้เก็บตัวอย่าง.....

พื้นที่เก็บตัวอย่าง..... เลขที่..... หมู่ที่.....

ตำบล..... อำเภอ..... จังหวัด.....

ชื่อเจ้าของตัวอย่าง.....

จำนวนเนื้อที่.....

(บริเวณครอบคลุมพื้นที่ดินที่สัมพันธ์กับงานเก็บตัวอย่าง)

ผลิตภัณฑ์ที่ได้รับหรือเคยได้รับ.....

ปัญหา/อุปสรรคและอื่นๆ (ถ้ามี).....

ข้อมูลรายละเอียดตัวอย่างสอบถามจาก เจ้าของตัวอย่าง ผู้เก็บตัวอย่าง ผู้นำส่งตัวอย่าง

ชื่อผู้รับผลวิเคราะห์..... โทรศัพท์/โทรสาร/E-mail.....

ที่อยู่.....

พิจารณาโดยส่วนที่เกี่ยวข้อง



54 คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช ๑

2. การเตรียมตัวอย่างดิน

ก. เครื่องมือและอุปกรณ์

- (1) เครื่องบดดิน หรือครกกระเบื้องเคลือบ ลูกกิ้ง หรือขวด
- (2) ผ้าพลาสติก ขนาดประมาณ 1 เมตร
- (3) ตะแกรงร่อน (ทองเหลือง) ขนาด 2 มิลลิเมตร และ 0.5

มิลลิเมตร

- (4) ถุงพลาสติกแบบปิดได้ กล่องกระดาษ หรือขวดพลาสติก

ข. วิธีเตรียมตัวอย่างดินเพื่อการวิเคราะห์

(1) ให้เลขที่ตัวอย่างดิน โดยเรียงลำดับตามการส่งตัวอย่างดิน

(2) ผึ่งดิน โดยเกลี่ยดินให้กระจายทั่วภาชนะที่รองกระดาษไว้ ผึ่งในท้องที่สะอาดไม่มีฝุ่นคูลิ่ง หรือปนเปื้อนด้วย ปุ๋ย ยาฆ่าแมลง เป็นต้น

(3) เลือกเศษพืช และเศษกรวด หิน ออกทิ้งให้หมดเท่าที่จะทำได้

(4) เมื่อดินแห้ง บดดินด้วยเครื่องบดดินหรือครกกระเบื้องเคลือบหรือลูกกิ้งแล้วร่อนดิน ที่บดด้วยตะแกรงร่อน (ทองเหลือง) ขนาด 2 มิลลิเมตร ส่วนของดินที่ค้างบนตะแกรง ก็นำไปบดอีกจนหมด แล้วเก็บไว้ในถุงพลาสติกแบบปิดได้ กล่องกระดาษ หรือขวดพลาสติก เขียนเลขที่ตัวอย่างดิน แล้วเก็บไว้วิเคราะห์



วิธีวิเคราะห์ปฏิกิริยาของดิน (Soil Reaction ; pH)

ปฏิกิริยาของดิน หมายถึง ความเป็นกรด (acidity) หรือความเป็นด่าง (alkalinity) ของดิน การที่ดินมีสภาพเป็นกรดหรือเป็นด่าง เป็นเพราะ hydrogen ion (H^+) ในสารละลายดิน ถ้าในสารละลายดินมี $H^+ > OH^-$ ดินมีปฏิกิริยาเป็นกรด ถ้า $H^+ < OH^-$ ดินมีปฏิกิริยาเป็นด่าง และถ้า $H^+ = OH^-$ ดินมีปฏิกิริยาเป็นกลาง

การวิเคราะห์ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน นิยมวัดเป็นค่า pH เรียกว่า มาตราพีเอช (pH Scale) ที่บ่งบอกเป็นตัวเลขซึ่งสัมพันธ์กับความเข้มข้นของ H^+ มากกว่าการใช้ความเข้มข้นของ H^+ โดยตรงเป็นดรรชนีของความเป็นกรดและความเป็นด่าง

จากสูตร

$$pH = -\log [H^+]$$

เมื่อ

$$pH = \text{ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง}$$

$$\log = \text{logarithm ฐาน 10}$$

$$[H^+] = \text{ความเข้มข้นของ } H^+ \text{ ที่อยู่ในสารละลาย}$$

มีหน่วยเป็น molar (M)

การวัด pH ของดิน ในห้องปฏิบัติการทดลอง ใช้วัดด้วยเครื่อง pH meter หลักการเหมือนกับการวัด pH โดยทั่วไป แต่การวัด pH ของดิน ใช้สารละลายได้หลายชนิด เป็นต้นว่า วัดในน้ำ ในสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ หรือโซเดียมฟลูออไรด์ การใช้สารละลายต่างชนิดกัน จะเป็นตัวชี้บอกคุณสมบัติบางอย่างของดินนั้นๆ



56 คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช ฯ

เมื่อต้องการทราบเพียงว่าดินมี pH เป็นกรดหรือด่าง การวัดใช้วัดในน้ำ ในอัตราส่วนของดินต่อน้ำต่างๆ กัน ตั้งแต่อัตราส่วน 1:1 1:2 1:2.5 1:5 ผู้วัดจะเลือกใช้อัตราส่วนใดก็ได้ แต่มีข้อสังเกตว่าปริมาณสัดส่วนของน้ำที่ต่างกันจะมีผลต่อค่า pH ที่วัดได้ ในห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ดิน โดยทั่วไปมักใช้สัดส่วนดินต่อน้ำเป็น 1:1 หรือ 1:2 ในกรณีที่ต้องการทราบว่า ความเป็นกรดของดินเกิดจากปริมาณ Al^{3+} ในดิน หรือจาก H^+ มักใช้วัด pH ในสารละลายของ KCl ความเข้มข้น 1 N ในอัตราส่วน 1:1

วิธีที่นิยมใช้ในการวัด pH ของดินมี 2 วิธี คือ วิธีที่นิยมใช้ในสนามคือวิธี Colorimetric method ซึ่งส่วนใหญ่ใช้สารประกอบอินทรีย์ที่ให้สีเฉพาะเจาะจงเมื่อสัมผัสกับดินที่มี pH หนึ่ง ๆ และนำไปเทียบกับ chart สีมาตรฐานของ pH indicator แต่ละชนิด ซึ่งค่าที่ได้เป็นค่าโดยประมาณเท่านั้น ส่วนวิธีที่นิยมใช้ในห้องปฏิบัติการคือ วิธี Electrometric หรือ Potentiometric method ใช้เครื่องมือ pH meter จากหลักการความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างขั้วไฟฟ้า (glass electrode) สองอันที่จุ่มอยู่ในสารละลายดิน ซึ่งผันแปรโดยกลับกับความเข้มข้นของ H^+ อิสรระที่อยู่ในสารละลาย ความสัมพันธ์นี้ถูกนำมาดัดแปลงให้อ่านออกมาเป็นค่า pH บนหน้าปัดของ pH meter

- ข้อควรคำนึง**
- (1) สัดส่วนของดิน : สารละลายสกัด
 - (2) ควรวัดในขณะสารละลายขุ่น
 - (3) มีเกลือต่างๆ ละลายอยู่ในสารละลายดิน



วิธีวิเคราะห์ปฏิกิริยาของดิน (pH) ในห้องปฏิบัติการ

1. ดิน : น้ำ อัตราส่วน 1 : 1 (Peech, 1965)

ก. อุปกรณ์และเครื่องมือ

- (1) ปีกเกอร์ ขนาด 50 mL
- (2) แ่งแก้ว
- (3) กระบอกตวง ขนาด 10 mL
- (4) เครื่องวัด pH

ข. สารเคมี สารละลายและวิธีเตรียม

- (1) น้ำกลั่น
- (2) สารละลายบัฟเฟอร์มาตรฐาน pH 4 และ pH 7

ค. วิธีวิเคราะห์

- (1) ชั่งตัวอย่างดิน 10 g ใส่ลงในปีกเกอร์ ขนาด 50 mL
- (2) เติมน้ำกลั่นลงไป 10 mL ใช้แ่งแก้วคนให้เข้ากัน

หลาย ๆ ครั้ง ตั้งทิ้งไว้อย่างน้อย 30 นาที

- (3) นำสารละลายดินไปวัด pH ด้วยเครื่องวัด pH โดยใช้สารละลายบัฟเฟอร์มาตรฐาน pH 7 และ pH 4 ปรับเครื่องวัด pH ก่อน

2. ดิน : สารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) 1 N อัตราส่วน 1 : 1 (Puri และ Asghar, 1938)

ก. อุปกรณ์และเครื่องมือ

- เช่นเดียวกับข้อ 1. ก.

ข. สารเคมี สารละลายและวิธีเตรียม

- (1) สารละลาย โพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) 1 N
ละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) 74.56 g ในน้ำ

กลั่นทำให้มีปริมาตร 1 L



58 คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช ๑

(2) สารละลายบัฟเฟอร์มาตรฐาน

เช่นเดียวกับข้อ 1 ข.(2)

ค. วิธีวิเคราะห์

วิเคราะห์เช่นเดียวกับข้อ 1.ค. แต่ใช้สารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) 1 N 10 mL แทนน้ำกลั่น

3. ดิน : สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ (CaCl_2) 0.01 M
อัตราส่วน 1 : 2 (Schofield และ Taylor, 1955)

ก. อุปกรณ์และเครื่องมือ

- เช่นเดียวกับข้อ 1.ก.

ข. สารเคมี สารละลายและวิธีเตรียม

(1) สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ (CaCl_2), 0.01 M

ละลายแคลเซียมคลอไรด์ (CaCl_2) 1.4703 g ในน้ำกลั่น

ทำให้มีปริมาตร 1 L

(2) สารละลายบัฟเฟอร์มาตรฐาน

เช่นเดียวกับข้อ 1. ข.(2)

ค. วิธีวิเคราะห์

วิเคราะห์เช่นเดียวกับข้อ 1.ค. แต่ใช้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ (CaCl_2) 0.01 M ใส่ลงไปในตัวอย่างดิน 20 mL แทนน้ำกลั่น

การวัดค่า pH ในสารละลาย CaCl_2 ในอัตราส่วน 1:2 เป็นวิธีที่ใช้ในการจำแนกดิน เพราะจะเป็น criteria ในการแบ่งอันดับปฏิกิริยาของดิน (acid-non acid reaction class) ในกลุ่มดิน Entisols และดิน Aquepts

Acid class ได้แก่ ดินที่มี pH ใน 0.01 M CaCl_2 (1:2) มีค่าน้อยกว่า 5.0 หรือประมาณ 5.5 เมื่อวัดใน 1:1 ดิน: น้ำ

Non acid class ได้แก่ ดินที่มี pH ใน 0.01 M CaCl_2 (1:2) มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 5.0



การวัดค่า pH ใน NaF ใช้ในงานจำแนกดินของดินกลุ่มที่เป็น amorphous เพราะปฏิกิริยาของ NaF กับดินชนิดนี้จะทำให้เกิดการปลดปล่อยไฮดรอกไซด์ไอออนที่ถูกปลดปล่อย จึงขึ้นกับปริมาณ amorphous ของดินนั้น amorphous ของดินเป็น product ชั้นแรกที่เกิดจากการสลายตัวของสารพวก pyroclastic ในดินที่มีภูมิอากาศชื้น และ amorphous นี้คือ ส่วนที่ทำให้เกิด Spodic horizon ขึ้นในดินบางกลุ่มในเขตร้อนชื้น

ระดับความรุนแรงของความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (soil reaction), pH (ดิน : น้ำ = 1:1) (Land Classification Division และ FAO Project Staff, 1973; Soil Survey Division Staff, 1993)

ระดับ (rating)	พิสัย (range)
เป็นกรดรุนแรงมากที่สุด (ultra acid)	< 3.5
เป็นกรดรุนแรงมาก (extremely acid)	3.5-4.5
เป็นกรดจัดมาก (very strongly acid)	4.6-5.0
เป็นกรดจัด (strongly acid)	5.1-5.5
เป็นกรดปานกลาง (moderately acid)	5.6-6.0
เป็นกรดเล็กน้อย (slightly alkaline)	6.1-6.5
เป็นกลาง (neutral)	6.6-7.3
เป็นด่างเล็กน้อย (slightly alkaline)	7.4-7.8
เป็นด่างปานกลาง (moderately alkaline)	7.9-8.4
เป็นด่างจัด (Strongly alkaline)	8.5-9.0
เป็นด่างจัดมาก (very strongly alkaline)	>9.0



เอกสารอ้างอิง

Land Classification Division and FAO Project Staff. 1973. Soil Interpretation Handbook for Thailand. Dept. of Land Development, Min. of Agri. and Coop., Bangkok 135 p.

Soil Survey Division Staff. 1993. Key to Soil Survey Manual. U.S. Dep. of Agriculture, Handbook No 18. U.S. Govt. Printing Office, Washington D.C. 643 p.

Peech, M. 1965. Soil pH by glass electrode pH meter. Methods of Soil Analysis. Amer. Soc. Agro. No.9. Part 2. 60:914-925.

Puri, A. N., and A.G. Asghar, 1938. Influence of salts and soil-water ratio on pH Value of Soils. Soil Sci. 46:249-257.

Schofield, R.K., and A. W. Taylor. 1955. The measurement of soil pH. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 19:164-167.



วิธีวิเคราะห์ความเป็นกรดของดิน (Soil Acidity)

การวัดความเป็นกรดของดิน สามารถวัดได้หลายวิธีด้วยกัน และยังเรียกชื่อแตกต่างกันไป ซึ่งมีทั้งความเป็นกรดที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable acidity) ความเป็นกรดที่สกัดได้ (Extractable acidity) และ ความเป็นกรดทั้งหมด (Total acidity) ซึ่งบางครั้งเป็นวิธีการเดียวกัน ก็ยังเรียกแตกต่างกัน Peech (1965) ได้ใช้คำว่าความเป็นกรดที่แลกเปลี่ยนได้เนื่องจากเป็นคำที่นิยมใช้กัน อย่างไรก็ตามคำว่าความเป็นกรดที่แลกเปลี่ยนได้ไม่น่าจะถูกต้อง เพราะว่าเป็นการไทเทรตไฮโดรเจนและอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ที่แลกเปลี่ยนได้ ความจริงบางส่วนความเป็นกรดที่ไทเทรตได้ของดินนั้น เป็นกลุ่มของกรดในส่วนของแรมดินเหนียวที่เกาะอย่างหลวมๆ และเป็นกรดที่เกิดจากอินทรีย์วัตถุ ซึ่งไฮโดรเจนไฮดรอกไซด์ในกลุ่มดังกล่าวไม่สามารถแลกเปลี่ยนกับประจุบวกต่างๆ ของสารละลายเกลือที่เป็นกลาง (Coleman et al., 1959. และ Pratt, 1961) วิธีที่นิยมวัดความเป็นกรดของดินวิธีหนึ่ง คือวิธีวัดความเป็นกรดของดินที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable acidity) โดยแบเรียมคลอไรด์ไตรเอทานอลามีน ($BaCl_2$ -TEA) ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้ในการจำแนกดินของ Soil Survey, United State Department of Agriculture ซึ่งวัดความเป็นกรดที่ถูกปลดปล่อยจากการสกัดโดย $BaCl_2$ -TEA สารละลาย buffer ที่ pH 8.2 ซึ่งวัดความเป็นกรดทั้งหมดที่เกิดขึ้นโดยการแทนที่ของไฮโดรเจนและอะลูมิเนียมจาก permanent และ pH dependent exchange sites กระทรวงเกษตรสหรัฐอเมริกาได้ปรับปรุงวิธีการและได้ใช้การวัดความเป็นกรดถาวรที่ pH 8.2 เนื่องจากเป็น pH โดยประมาณที่ดินมี $CaCO_3$ อธิระสมดุลกับปริมาณ



62 คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช ๑

ของ CO_2 (0.03%) ของบรรยากาศ และที่ pH ดังกล่าวยังใช้ได้ดีกับ pH ของการสะเทินที่สมบูรณ์ของสารประกอบ hydroxy-Al ของดินอีกด้วย (USDA, 1996)

อีกวิธีหนึ่งที่นิยมใช้ คือ วิธีวัดความเป็นกรดของดินโดยใช้ โพแทสเซียมคลอไรด์สกัด วิธีนี้สามารถวัดได้ทั้งไฮโดรเจน และอะลูมิเนียมที่แลกเปลี่ยนได้ ซึ่งค่าที่วัดได้นี้คืออะลูมิเนียมแทนที่ไอออนบวกที่เป็นต่าง และมีอยู่ดั้งเดิมในดินซึ่งถูกชะล้างไปจากดินดังนั้นจึงทำให้ดินอิมตัวด้วย อะลูมิเนียมมากขึ้น และสามารถคำนวณอะลูมิเนียมที่อิมตัวจากค่าความสามารถแลกเปลี่ยนประจุบวก คือ รั้อยละของอะลูมิเนียมที่แลกเปลี่ยนได้ ต่อความสามารถแลกเปลี่ยนประจุบวก ซึ่งค่าความอิมตัวด้วยอะลูมิเนียม (Al-saturation) จะเป็นตัวชี้วัดความรุนแรงของอะลูมิเนียมต่อการเจริญเติบโต และการให้ผลผลิตของพืชโดยเฉพาะในดินกรดได้ดี ผลผลิตของพืช จะลดลงเมื่อเปอร์เซ็นต์การอิมตัวด้วยอะลูมิเนียมเพิ่มขึ้น (เจริญ และ คณະ, 2540)

การวิเคราะห์ความเป็นกรดของดิน

1. วิธีแบเรียมคลอไรด์ไตรเอทานอลามีน ($\text{EA}_{\text{BaCl}_2}$)

(Peech, 1965)

ก. อุปกรณ์และเครื่องมือ

- (1) Büchner funnel
- (2) ปัมสูญญากาศ (Vacuum pump)
- (3) เครื่องชั่ง
- (4) pH-meter
- (5) ขวดกรอง (Filtering flask)



คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช ๖3

- (6) ขวดชมพู่ (Erlenmeyer flask) ขนาด 125 mL
- (7) กระดาษกรอง เบอร์ 42
- (8) ขวดปริมาตร (Volumetric flask) ขนาด 100 mL
- (9) ปิเปตต์ขนาด 10, 20 mL หรือ dispenser ที่ปรับปริมาตร
ตั้งแต่ 1-20 mL

(10) บิวเรตต์ ขนาด 50 mL

ข. สารเคมี สารละลายและวิธีเตรียม

- (1) สารละลายไตรเอทานอลามีน (Triethanolamine; TEA) 2 N
ซึ่งสารไตรเอทานอลามีน 29.8 g เติมน้ำกลั่นจนได้

ปริมาตร 1 L

- (2) กรดไฮโดรคลอริก (HCl) 6 N

ตวงกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 50 mL ค่อยๆ เทลงใน
น้ำกลั่น และปรับปริมาตรเป็น 100 mL

- (3) สารละลาย 0.5 N แบเรียมคลอไรด์ และ 0.055 N
ไตรเอทานอลามีน pH 8.2

ละลายแบเรียมคลอไรด์ ($BaCl_2 \cdot 2H_2O$) 1,100 g ในน้ำ
กลั่นแล้วเติมไตรเอทานอลามีน (triethanolamine) 2 N 500 mL และกรด
ไฮโดรคลอริก 6 N 72 mL เติมน้ำกลั่นให้มีปริมาตร 18 L เขย่าให้เข้ากัน
ปรับ pH ให้ได้ 8.2 ± 0.02 ด้วยไตรเอทานอลามีนหรือกรดไฮโดรคลอริก

- (4) อินดิเคเตอร์ผสม (mixed indicator)

ละลายโบรโมกรีซอลกรีน (Bromoglysol green) 0.22 g
และเมทิลเรด (Methyl red) 0.075 g ในเอทิลแอลกอฮอล์ 95% (Ethyl
alcohol) 96 mL เติมน้ำกลั่นให้ปริมาตร 250 mL แล้วทำให้มีปริมาตร 100 mL ด้วย
เอทิลแอลกอฮอล์



64 คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช ๑

(5) กรดไฮโดรคลอริก (HCl) 0.2 N

ตวงกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 17.5 mL ค่อยๆ เทลงในน้ำกลั่น และทำให้มีปริมาตร 1 L เทียบมาตรฐาน (standardize) ไทเทรตกับสารละลายโซเดียมเตตราโบเรต ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) คำนวณความเข้มข้นมาตรฐานของกรดไฮโดรคลอริก

ค. วิธีการ

(1) ชั่งดิน 5-10 g ใส่ในขวดชมพูขนาด 125 mL

(2) เติมสารละลายแบเรียมคลอไรด์ไตรเอทานอลามีน 0.5 N ประมาณ 50 mL ปิดจุกเขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งค้างคืน

(3) รุ่งขึ้นกรอง โดยใช้ Büchner funnel และขวดกรองขนาด 500 mL ด้วยระบบ สูญญากาศ

(4) ล้างดินด้วยแบเรียมคลอไรด์ไตรเอทานอลามีน 2-3 ครั้ง

(5) เทสารละลายที่กรองได้ใส่ขวดปริมาตร ปรับปริมาตรเป็น 100 mL ด้วยสารละลายแบเรียมคลอไรด์ไตรเอทานอลามีน

(6) เทสารละลายดินใส่ลงในขวดชมพูขนาด 500 mL ล้างข้างขวดแก้ว ข้างในด้วยน้ำกลั่นเล็กน้อย หยดอินดิเคเตอร์ผสมลงไป 4-5 หยด ได้สารละลายสีเขียว

(7) นำสารละลายที่ได้ไปไทเทรตกับกรดไฮโดรคลอริกมาตรฐาน 0.2 N สารละลายจะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีชมพูม่วงที่จุดยุติ

(8) ทำ blank เช่นเดียวกับตัวอย่างดิน บันทึกปริมาตรของกรดไฮโดรคลอริกมาตรฐาน 0.2 N ที่ใช้ในการไทเทรตกับสารละลายดินและ blank

(9) คำนวณความเป็นกรดของดิน



ง. การคำนวณ

ความเป็นกรดของดิน

$$(EA_{\text{BaCl}_2}) = \frac{(B-S) N}{W} \times 100 \quad \text{cmol kg}^{-1}$$

เมื่อ

N = ความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริกมาตรฐาน
(นอร์มอล)

B = ปริมาตรของกรดไฮโดรคลอริกมาตรฐานที่ใช้ใน
การไทเทรตกับ blank (mL)

S = ปริมาตรของกรดไฮโดรคลอริกมาตรฐานที่ใช้ใน
การไทเทรตกับตัวอย่างดิน (mL)

W = น้ำหนักของตัวอย่างดิน (g)

2. วิธีโพแทสเซียมคลอไรด์ (EA_{KCl}) (McLean, 1965)

ก. อุปกรณ์และเครื่องมือ

เช่นเดียวกับข้อ 1.ก.

ข. สารเคมี และวิธีเตรียม

(1) สารละลาย โพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) 1 N

ละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ 74.56 g ในน้ำกลั่น แล้ว

ทำให้มีปริมาตร 1 L

(2) สารละลาย โพแทสเซียมฟลูออไรด์ (KF) 1 N

ละลายโพแทสเซียมฟลูออไรด์ 58.1 g ในน้ำกลั่น แล้ว

ทำให้มีปริมาตร 1 L



66 คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช ๑

(3) สารละลาย ฟีนอล์ฟทาลีน 1%

ละลาย ฟีนอล์ฟทาลีน 1 g ในเอทิลแอลกอฮอล์
100 mL

(4) สารละลาย โซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 N

ละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 2 g ในน้ำกลั่น
500 mL

(5) สารละลายไฮโดรคลอริก (HCl) 0.1 N

ตวงกรดไฮโดรคลอริก (HCl) เข้มข้น 8.75 mL ลงใน
น้ำกลั่นทำให้มีปริมาตร 1 L เทียบมาตรฐาน (Standardize) เททเรตกับ
สารละลายโซเดียมเตตราโบเรตมาตรฐาน (Standard sodium tetraborate ;
 $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) คำนวณความเข้มข้นมาตรฐานของสารละลายกรด
ไฮโดรคลอริก

ค. วิธีการ

ค. 1 วิเคราะห์ความเป็นกรดแลกเปลี่ยนได้ (EA_{KCl})

(1) ชั่งดิน 5-10 g ใส่ในขวด ขนาด 125 mL

(2) ใส่สารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ 1 N ประมาณ 50
mL เขย่าให้เข้ากัน ทิ้งค้างคืน

(3) กรองโดยใช้ Büchner funnel ด้วยระบบสุญญากาศ

(4) ล้างดินด้วยสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ 1 N
3-4 ครั้ง ทำให้มีปริมาตร 100 mL ในขวดปริมาตร โดยใช้สารละลาย
โพแทสเซียมคลอไรด์เป็นตัวปรับปริมาตร

(5) เทสารละลายลงในขวดแก้วขนาด 500 mL ล้างข้าง
ขวดแก้วด้วยน้ำกลั่นเล็กน้อย หยดฟีนอล์ฟทาลีนอินดิเคเตอร์ 4-5 หยด
ได้สารละลายไม่มีสี เททเรตกับโซเดียมไฮดรอกไซด์มาตรฐาน 0.1 N ที่
จุดยุติได้สีชมพูถาวร



(6) ทำ blank เช่นเดียวกันกับตัวอย่างดิน

(7) คำนวณความเป็นกรดของดิน ด้วยปริมาตรของไฮเดียมไฮดรอกไซด์มาตรฐาน 0.1 N ที่ใช้ในการไทเทรตกับสารละลายดินและ blank

ค.2 วิเคราะห์ปริมาณอะลูมิเนียมและไฮโดรเจนที่แลกเปลี่ยนได้ (Exch. Al^{3+} และ Exch. H^+)

(1) สารละลายสีชมพู ข้อ ค.1(5) หลังจากไทเทรตหาปริมาณความเป็นกรดแลกเปลี่ยนได้ด้วยไฮเดียมไฮดรอกไซด์มาตรฐาน 0.1 N แล้ว นำมาหยดกรดไฮโดรคลอริก 0.1 N 1 หยด ได้สารละลายไม่มีสี

(2) เติมสารละลายโพแทสเซียมฟลูออไรด์ 1 N 10 mL ถ้าสารละลายไม่มีสีแสดงว่าไม่มีอะลูมิเนียม

(3) ถ้าสารละลายมีสีชมพู นำไปหาปริมาณอะลูมิเนียมที่แลกเปลี่ยนได้ โดยไทเทรตกับกรดไฮโดรคลอริกมาตรฐาน 0.1 N ปริมาตรของกรดไฮโดรคลอริกมาตรฐาน 0.1 N ที่ใช้ นำไปคำนวณปริมาณอะลูมิเนียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exch. Al^{3+})

ง. การคำนวณ EA_{KCl} , Exch. Al^{3+} และ Exch. H^+

$$\text{ความเป็นกรดแลกเปลี่ยนได้ (EA}_{KCl}) = \frac{(A-B) \times N_1 \times 100}{W} \text{ cmol kg}^{-1}$$

$$\text{อะลูมิเนียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exch. } Al^{3+}) = \frac{C \times N_2 \times 100}{W} \text{ cmol kg}^{-1}$$

ไฮโดรเจนที่แลกเปลี่ยนได้ (Exch. H^+)

$$= \text{ความเป็นกรดแลกเปลี่ยนได้ (EA}_{KCl}) - \text{อะลูมิเนียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exch. } Al^{3+})$$



68 คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช ๑

เมื่อ

A = ปริมาตรของโซเดียมไฮดรอกไซด์มาตรฐาน
ที่ไทเทรตกับสารละลายดิน (mL)

B = ปริมาตรของโซเดียมไฮดรอกไซด์มาตรฐาน
ที่ไทเทรตกับ blank (mL)

C = ปริมาตรของกรดไฮโดรคลอริกมาตรฐาน (mL)

N_1 = ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์มาตรฐาน
(นอร์มอล)

N_2 = ความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริกมาตรฐาน
(นอร์มอล)

W = น้ำหนักของดิน (g)

หรืออาจจะใช้เครื่องมือสกัด Mechanical Vacuum Extractor ซึ่ง
มีราคาแพงเป็นระบบอัตโนมัติ แต่สะดวก รวดเร็ว และประหยัดสารเคมี
ในการวิเคราะห์ก็ได้



เอกสารอ้างอิง

- เจริญ เจริญจำรัสชีพ, กำชัย กาญจนธนเศรษฐ และเมธิน ศิริวงศ์ช 2540.
การจัดการดินกรดในประเทศไทย. กรมพัฒนาที่ดิน, กระทรวง
เกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 120 น.
- Coleman, N.T., Weed, S.B. and McCracken, R.J. 1959. Cation-exchange
capacity and exchangeable cations in Piedmont soils of North
Carolina. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 23: 146-149.
- McLean, E.O. 1965. Exchangeable aluminum by colorimetric measure-
ment using aluminon. Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical
and Microbiological Amer Soc. Agro. No. 9. 67: 988-989.
- Peech, M. 1965. Exchange acidity by Barium Chloride-TEA Method.
Methods of Soil Analysis. Amer. Soc. Agron. No. 9. Part 2.,
59:910-911.
- Pratt, P.F. 1961. Effect of pH on the cation-exchange capacity of surface
soils. Soil. Sci. Am. Proc. 25:96-98.
- Soil Survey Laboratory. 1992. Soil Survey Laboratory Methods Manual.
Soil Survey Investigations Report No.42 Version 2.0 400 p.
- USDA, 1996. Soil Survey Laboratory Method Manual. Soil Survey
Investigations Report No. 42 Version 3.0 693 p.



วิธีวิเคราะห์ความต้องการปูน (Lime Requirement ; LR)

ความต้องการปูน (Lime requirement ; LR) หมายถึง ปริมาณ CaCO_3 บริสุทธิ์ มีหน่วยเป็น กิโลกรัม/ไร่ ที่ใส่ลงในดินต่อหน่วยพื้นที่แล้ว ทำให้ pH ของดินเพิ่มขึ้นถึงระดับที่ต้องการ (ปกติถ้าไม่ระบุว่าเป็นระดับ pH ใดจะหมายถึง pH 7)

การวิเคราะห์ความต้องการปูนในห้องปฏิบัติการนั้น ปริมาณของปูนที่จะต้องใส่ โดยมากเมื่อนำไปใส่ในพื้นที่แล้ว จะไม่สามารถยก ระดับ pH ได้ตามที่วิเคราะห์ได้ ทั้งนี้เนื่องมาจากปัจจัยต่าง ๆ เช่น ปูน ถูกน้ำชะล้างไปบ้าง ทำปฏิกิริยากับน้ำชลประทานหรือน้ำฝนที่มีปฏิกิริยาเป็นกรด หรือถ้าใส่ในดินเปรี้ยวจัด (acid sulfate soils) ปูนจะต้องสะเทินกรดซัลฟิวริกที่ออกมาจากสารไพไรท์ที่อยู่ในดินที่มีปฏิกิริยาออกซิเดชันกับอากาศอีกด้วย ซึ่งต่างประเทศได้กำหนดค่าหนึ่งคือ liming factor เท่ากับ 1.5 เป็นค่าที่ได้จากการทดลองนำไปคูณกับจำนวนปูนที่ได้จากการทดลองแล้วทำให้ได้ปริมาณปูนที่ใส่ในพื้นที่จริง เพื่อยกระดับ pH ของดินให้สูงขึ้นตามระดับที่ต้องการ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2535) ปัจจุบันประเทศไทย ใช้ค่า liming factor เท่ากับ 1.5 คูณกับปริมาณอะลูมินัมที่แลกเปลี่ยนได้ เป็นค่าความต้องการปูนจริงๆ ที่ใช้ในพื้นที่ดินเปรี้ยวจัด ภาคกลางและ liming factor เท่ากับ 2 สำหรับดินเปรี้ยวจัดภาคใต้แล้ว สามารถยกระดับ pH ให้สูงขึ้นถึงระดับที่ต้องการ พงนิษฐ์และคณะ (2535) ได้ทำการเปรียบเทียบวิธีวิเคราะห์ความต้องการปูนวิธีต่างๆ กันของดินเปรี้ยวจัดภาคใต้ พบว่า วิธีนี้เป็นวิธีที่ดีที่สุด โดยมีความสัมพันธ์กับผลผลิตของข้าว ($r = 0.9129$) ต่อมา ภิญโญและคณะ (2540) ได้ทำการ



วิจัยอีกครั้งหนึ่งโดยการหมักปุ๋ยในฤดูนาปีและนาปรังในดินเปรี้ยวจัดภาคใต้ ตามผลการวิเคราะห์ความต้องการปุ๋ยวิธีต่าง ๆ พบว่า วิธีอะลูมินัมที่แลกเปลี่ยนได้นี้สามารถใช้วิเคราะห์ความต้องการปุ๋ยสำหรับปลูกข้าวได้ ดังนั้นควรเลือกวิธีอะลูมินัมที่แลกเปลี่ยนได้ ซึ่งเป็นวิธีที่ปรับปรุงจาก Sanchez (1976) เพราะสำหรับดินเปรี้ยวจัดนั้น เมื่อส่งดินมาวิเคราะห์ จำเป็นจะต้องวิเคราะห์ปริมาณอะลูมินัมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่แล้วเนื่องจากเป็นพิษต่อพืช ดังนั้นจึงไม่ต้องวิเคราะห์ความต้องการปุ๋ยโดยวิธีอื่นๆ อีก จะทำให้เสียเวลา และเมื่อวิเคราะห์โดยวิธีสารละลายบัฟเฟอร์ของ Woodruff นั้น นักวิชาการที่ใช้ค่าความต้องการปุ๋ยมักจะใช้ปุ๋ยเพียงครั้งหนึ่งของผลวิเคราะห์เท่านั้น เนื่องจากวิธีสารละลายบัฟเฟอร์ของ Woodruff ค่าวิเคราะห์ความต้องการปุ๋ยสำหรับดินเปรี้ยวจัดมีค่าสูงเกินไป พจนีย์ และคณะ (2544) พบว่าดินเปรี้ยวจัด เช่น ชุดดินอุยธยา เสนา และรังสิต มีความต้องการปุ๋ยต่ำ วิธีสารละลายบัฟเฟอร์ของ Woodruff จะให้ค่าวิเคราะห์ความต้องการปุ๋ยสูงกว่าวิธีอะลูมินัมแลกเปลี่ยนได้ของ Sanchez แต่ในชุดดินธัญบุรี และองครักษ์วิธีอะลูมินัมที่แลกเปลี่ยนได้ของ Sanchez จะให้ค่าวิเคราะห์ความต้องการปุ๋ยสูงกว่า ซึ่งตรงกับรายงานของ Sanchez ว่า วิธีสารละลายบัฟเฟอร์ของ Woodruff จะให้ค่าวิเคราะห์ความต้องการปุ๋ยสูงเกินไป เมื่อดินมีความต้องการปุ๋ยต่ำ และให้ค่าต่ำเมื่อดินมีความต้องการปุ๋ยสูง แต่การใช้วิธีอะลูมินัมที่แลกเปลี่ยนได้ของ Sanchez จะได้ค่าความต้องการปุ๋ยที่สามารถสะท้อนกรดที่มีอยู่จริง

สำหรับกรมพัฒนาที่ดินได้ใช้วิธีของ Woodruff วิเคราะห์ความต้องการปุ๋ยมานาน แต่ในทางปฏิบัติมีการใส่ปริมาณปุ๋ยที่แตกต่างกัน ทั้งนี้ต้องพิจารณาว่าดินเป็นดินกรดกำมะถันหรือไม่ ถ้าเป็นก็แนะนำให้ใส่เต็มปริมาณ แต่นักวิชาการเกษตรเห็นว่าผลการวิเคราะห์ได้ค่าสูงเกิน



72 คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช ๑

ไปก็จะแนะนำใส่เพียงครั้งเดียวเท่านั้น หรือถ้าเป็นดินกรดที่มีเนื้อดินเป็นดินทรายร่วนหรือดินร่วนทราย ควรพิจารณาใส่บ่อยลงเนื่องจากอาจจะมีสภาพเกินปุ๋ย (overliming) ซึ่งเป็นอันตรายต่อพืชที่ปลูกได้ เพราะเกิดการเปลี่ยนแปลง pH อย่างรวดเร็ว เนื่องจากดินทราย มีสมบัติในการต้านทานความเป็นกรดหรือด่างต่ำ (low buffer capacity) จะเกิดภาวะไม่สมดุลของธาตุอาหาร และระดับฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์จะลดลง

วิธีวิเคราะห์ความต้องการปุ๋ย (LR)

1. วิธีสารละลายบัพเฟอร์ของ Woodruff (Woodruff, 1948)

ก. อุปกรณ์ และเครื่องมือ

- (1) บีกเกอร์ ขนาด 50 mL
- (2) แท่งแก้ว
- (3) กระจกตวง ขนาด 10 mL
- (4) เครื่องวัด pH
- (5) เครื่องชั่ง

ข. สารเคมี สารละลายและวิธีเตรียม

- (1) สารละลายบัพเฟอร์ของ Woodruff

ละลาย แคลเซียมอะซิเตท 40 g พาราไนโตรฟินอล 8 g และโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1.2 g ในน้ำกลั่น แล้วทำให้มีปริมาตร 1 L ปรับ pH ของสารละลายให้เป็นกลาง (pH 7) ด้วยการเติมกรดอะซิติก หรือโซเดียมไฮดรอกไซด์

- (2) สารละลายบัพเฟอร์มาตรฐาน pH 4 และ pH 7
- (3) สารละลายกรดไฮโดรคลอริกมาตรฐาน (HCl) 0.1 N



คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช ๓ 73

ตวงกรดไฮโดรคลอริก (HCl) เข้มข้น 8.75 mL ค่อยๆเทลงในน้ำกลั่น ทำให้มีปริมาตร 1 L เทียบมาตรฐาน (Standardize) ไทเทรตกับสารละลายโซเดียมเตตราโบเรตมาตรฐาน (Standard sodium tetraborate ; $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$)

(4) วิธีสร้างกราฟมาตรฐานของบัพเฟอร์

ไทเทรตสารละลายบัพเฟอร์ของ Woodruff pH 7.0 20 mL ด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกมาตรฐาน 0.1 N โดยการเติมสารละลายกรดไฮโดรคลอริกมาตรฐานลงไปครั้งละ 0.5 mL แล้ววัด pH ของสารละลายบัพเฟอร์ พร้อมทั้งเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง pH กับปริมาณมิลลิกรัมสมมูลของสารละลายกรดไฮโดรคลอริกมาตรฐานที่เติมลงไป

ค. วิธีการ

- (1) ชั่งดิน 10 g ใส่บีกเกอร์ 50 mL
- (2) เติมน้ำกลั่น 10 mL คนให้เข้ากัน ทิ้งไว้อย่างน้อย 30 นาที
- (3) วัดค่า pH ด้วยเครื่องวัด pH
ถ้าค่า pH ที่อ่านได้ต่ำกว่า 6.0 จะต้องวิเคราะห์ความต้องการปุ๋ย เนื่องจากพืชส่วนใหญ่เจริญเติบโตได้ดีที่ $\text{pH} > 6.0$
- (4) เติมสารละลายบัพเฟอร์ของ Woodruff pH 7.0 20 mL ใช้แท่งแก้วคนให้เข้ากันหลาย ๆ ครั้ง ตั้งทิ้งไว้ 30 นาที
- (5) วัดค่า pH ของสารละลายดิน
- (6) คำนวณปริมาณความต้องการปุ๋ยของดินจากค่า pH ที่อ่านได้เทียบกับกราฟมาตรฐาน (ค่า pH ที่ได้จะต้องไม่ต่ำกว่าจุดที่ต่ำสุดของกราฟมาตรฐาน)



74 คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช ๑

ง. การคำนวณ

ตัวอย่างดิน 10 g เติมน้ำกลั่น 10 mL และสารละลายบัฟเฟอร์ 20 mL วัดค่า pH ได้ต่ำกว่า pH 7.0 = Δ pH และจากกราฟมาตรฐานของสารละลายบัฟเฟอร์ซึ่งเป็นเส้นตรงระหว่าง pH 6.0 ถึง pH 7.0 เมื่อสารละลายบัฟเฟอร์เปลี่ยนไป 1 หน่วย ต้องใช้กรดไฮโดรคลอริกมาตรฐานเท่ากับ B มิลลิกรัมสมมูล คำนวณความต้องการปูนจากกราฟมาตรฐาน ดังนี้

pH ของสารละลายบัฟเฟอร์เปลี่ยนไป 1.00 หน่วย pH ใช้กรด

= B มิลลิกรัมสมมูล

pH ของสารละลายบัฟเฟอร์เปลี่ยนไป Δ หน่วย pH ใช้กรด

= B x Δ pH มิลลิกรัมสมมูล

ปริมาณความต้องการปูนเพื่อยกระดับ pH เป็น 7.0

= B x Δ pH มิลลิกรัมสมมูล

ดิน 10 กรัม ต้องการปูน

= B x Δ pH มิลลิกรัมสมมูล

ดิน 1 ไร่ ต้องการปูน

= $\frac{B \times \Delta \text{pH} \times 384,000 \times 10^3}{10}$ มิลลิกรัมสมมูล/ไร่

= $\frac{B \times \Delta \text{pH} \times 384,000 \times 10^3 \times 50}{10 \times 10^3}$ กรัม CaCO_3 /ไร่

= $\frac{B \times \Delta \text{pH} \times 384,000 \times 10^3 \times 50}{10 \times 10^3 \times 10^3}$ กิโลกรัม CaCO_3 /ไร่



ความต้องการปูน (ดินนา)

$$= 1,920 \times B \times \Delta\text{pH} \quad \text{กิโลกรัม CaCO}_3/\text{ไร่}$$

ความต้องการปูน(ดินไร่)

$$= 1,600 \times B \times \Delta\text{pH} \quad \text{กิโลกรัม CaCO}_3/\text{ไร่}$$

หมายเหตุ ดินนา 1 ไร่ หนัก = 384,000 กิโลกรัม

ดินไร่ 1 ไร่ หนัก = 320,000 กิโลกรัม

ตารางที่ 2.1 เป็นตารางที่ได้จากการคำนวณค่า pH ที่เปลี่ยนไป 0.1 หน่วย ของตัวอย่างดินหลังใส่สารละลายบัฟเฟอร์ของ Woodruff แล้ว เทียบเป็นปริมาณความต้องการปูน กิโลกรัม CaCO₃/ไร่ เพื่อความสะดวกในการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน

ตารางที่ 2.1 ปริมาณความต้องการปูนโดยวิธีสารละลายบัฟเฟอร์ ของ Woodruff

pH (ดินกับสารละลายบัฟเฟอร์ของ Woodruff)	ความต้องการปูน (LR) (กิโลกรัม CaCO ₃ /ไร่)	ปริมาณปูนที่แนะนำ (กิโลกรัม CaCO ₃ /ไร่)
6.9	156	120
6.8	312	240
6.7	468	360
6.6	624	480
6.5	780	600
6.4	936	720
6.3	1,092	840
6.2	1,248	960
6.1	1,404	1080
6.0	1,560	1200
5.9	1,716	1,320



76 คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช ๑

ตารางที่ 2.1 ปริมาณความต้องการปุ๋ยโดยวิธีสารละลายบัฟเฟอร์
ของ Woodruff (ต่อ)

pH (ดินกับสารละลาย บัฟเฟอร์ของ Woodruff)	ความต้องการปุ๋ย (LR) (กิโลกรัม CaCO ₃ /ไร่)	ปริมาณปุ๋ยที่แนะนำ (กิโลกรัม CaCO ₃ /ไร่)
5.8	1,872	1,440
5.7	2,028	1,560
5.6	2,184	1,680
5.5	2,340	1,800
5.4	2,496	1,920
5.3	2,652	2,040
5.2	2,808	2,160
5.1	2,964	2,280
5.0	3,120	2,400
4.9	3,278	2,520
4.8	3,432	2,640
4.7	3,588	2,760
4.6	3,744	2,880
4.5	3,900	3,000
4.4	4,056	3,120
4.3	4,212	3,240
4.2	4,368	3,360
4.1	4,524	3,480
4.0	4,680	3,600
3.9	4,836	3,720

ปริมาณปุ๋ยที่แนะนำ ได้แก่ CaCO₃ 100 กิโลกรัม เทียบเท่ากับปริมาณปุ๋ยขาว 78 กิโลกรัม
หรือปุ๋ยมาร์ล 120 กิโลกรัม หรือหินปูนบด 150 กิโลกรัม หรือปุ๋ยโดโลไมท์ 109 กิโลกรัม



2. วิธีอะลูมิเนียมที่แลกเปลี่ยนได้ ของ Sanchez โดย Büchner

funnel filtration

วิธีการวิเคราะห์อะลูมิเนียมที่แลกเปลี่ยนได้ ดำเนินการเช่นเดียวกันกับการวิเคราะห์ความเป็นกรดของดิน อะลูมิเนียมและไฮโดรเจนที่แลกเปลี่ยนได้ โดยวิธีโพแทสเซียมคลอไรด์ 1 N นำค่าอะลูมิเนียมที่แลกเปลี่ยนได้ มาคำนวณความต้องการปูน

การคำนวณความต้องการปูน

จากสูตร

ความต้องการปูน (ดินนา) = $1.5 \text{ EAI} \times 192$ กิโลกรัม CaCO_3 /ไร่

ความต้องการปูน (ดินไร่) = $1.5 \text{ EAI} \times 160$ กิโลกรัม CaCO_3 /ไร่
เมื่อ

EAI = ปริมาณอะลูมิเนียมแลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Aluminum ; Exch. Al^{3+}) มีหน่วยเป็น (cmol kg^{-1})

1.5 = ค่า liming factor สำหรับดินเปรี้ยวจัดภาคกลาง และดินกรด

2.0 = ค่า liming factor สำหรับดินเปรี้ยวจัดภาคใต้

78 คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช ๑

ตารางที่ 2.2 ความต้องการปุ๋ยโดยวิธีอะลูมิเนียมแลกเปลี่ยนได้

Exch.Al cmol kg ⁻¹	ความต้องการปุ๋ย		Exch.Al cmol kg ⁻¹	ความต้องการปุ๋ย		Exch.Al cmol kg ⁻¹	ความต้องการปุ๋ย		Exch.Al cmol kg ⁻¹	ความต้องการปุ๋ย	
	ภาคกลาง	ภาคใต้		ภาคกลาง	ภาคใต้		ภาคกลาง	ภาคใต้		ภาคกลาง	ภาคใต้
0.5	144	192	3.7	1066	1421	6.9	1987	2650	10.1	2909	3878
0.6	173	230	3.8	1094	1459	7.0	2016	2688	10.2	2938	3917
0.7	202	269	3.9	1123	1498	7.1	2045	2726	10.3	2966	3955
0.8	230	307	4.0	1152	1536	7.2	2074	2765	10.4	2995	3994
0.9	259	346	4.1	1181	1574	7.3	2102	2803	10.5	3024	4032
1.0	288	384	4.2	1210	1613	7.4	2131	2842	10.6	3053	4070
1.1	317	422	4.3	1238	1651	7.5	2160	2880	10.7	3082	4109
1.2	346	461	4.4	1267	1690	7.6	2189	2918	10.8	3110	4147
1.3	374	499	4.5	1296	1728	7.7	2218	2957	10.9	3139	4186
1.4	403	538	4.6	1325	1766	7.8	2246	2995	11.0	3168	4224
1.5	432	576	4.7	1354	1805	7.9	2275	3034	11.1	3197	4262
1.6	461	614	4.8	1382	1843	8.0	2304	3072	11.2	3226	4301
1.7	490	653	4.9	1411	1882	8.1	2333	3110	11.3	3254	4339
1.8	518	691	5.0	1440	1920	8.2	2362	3149	11.4	3283	4378
1.9	547	730	5.1	1469	1958	8.3	2390	3187	11.5	3312	4416
2.0	576	768	5.2	1498	1997	8.4	2419	3226	11.6	3341	4454
2.1	605	806	5.3	1526	2035	8.5	2448	3264	11.7	3370	4493
2.2	634	845	5.4	1555	2074	8.6	2477	3302	11.8	3398	4531
2.3	662	883	5.5	1584	2112	8.7	2506	3341	11.9	3427	4570
2.4	691	922	5.6	1613	2150	8.8	2534	3379	12.0	3456	4608
2.5	720	960	5.7	1642	2189	8.9	2563	3418	12.1	3485	4646
2.6	749	998	5.8	1670	2227	9.0	2592	3456	12.2	3514	4685
2.7	778	1037	5.9	1699	2266	9.1	2621	3494	12.3	3542	4723
2.8	806	1075	6.0	1728	2304	9.2	2650	3533	12.4	3571	4762
2.9	835	1114	6.1	1757	2342	9.3	2678	3571	12.5	3600	4800
3.0	864	1152	6.2	1786	2381	9.4	2707	3610	12.6	3629	4838
3.1	893	1190	6.3	1814	2419	9.5	2736	3648	12.7	3658	4877
3.2	922	1229	6.4	1843	2458	9.6	2765	3686	12.8	3686	4915
3.3	950	1267	6.5	1872	2496	9.7	2794	3725	12.9	3715	4954
3.4	979	1306	6.6	1901	2534	9.8	2822	3763	13.0	3744	4992
3.5	1008	1344	6.7	1930	2573	9.9	2851	3802	13.1	3773	5030
3.6	1037	1382	6.8	1958	2611	10.0	2880	3840	13.2	3802	5069

หมายเหตุ ความต้องการปุ๋ยภาคกลาง (กิโลกรัม CaCO₃ / ไร่) = 1.5 x Exch. Al x 192
 ความต้องการปุ๋ยภาคใต้ (กิโลกรัม CaCO₃ / ไร่) = 2.0 x Exch. Al x 192



เอกสารอ้างอิง

- คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2535. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น ภาควิชา
ปฐพีวิทยา, คณะเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,
กรุงเทพฯ. 730 น.
- พจนีย์ มอญเจริญ, ภิญโญ เทียมรัตน์ และละเอียด สีนุเสณ 2535. การ
เปรียบเทียบวิธีวิเคราะห์ความต้องการปุ๋ยชนิดต่าง ๆ ของดิน
เปรี้ยวจัดภาคใต้กับผลการทดลองในกระถาง รายงานการวิจัย
ทะเบียนวิจัยเลขที่ 33 34 08 04 211 08 03 08 12. 123 น.
- พจนีย์ มอญเจริญ, ละเอียด สีนุเสณ และจรรยา อินทร์ซี่. 2544. การ
ประเมินความต้องการปุ๋ยของดินเปรี้ยวจัดโดยใช้ค่าอะลูมิเนียม
ที่แลกเปลี่ยนได้. ทะเบียนวิจัยที่ 41 44 211 2 08 03 05 12.
เอกสารวิชาการสำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน, กรม
พัฒนาที่ดิน 214 น.
- ภิญโญ เทียมรัตน์, พจนีย์ มอญเจริญ และละเอียด สีนุเสณ 2540. ผล
ของการใส่ปุ๋ยโดยวิธีวิเคราะห์ความต้องการปุ๋ยชนิดต่างๆของ
ดินเปรี้ยวจัดภาคใต้ ทะเบียนวิจัยที่ 35 36 03 08 0210 27 00
03 12. เอกสารวิชาการสำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน,
กรมพัฒนาที่ดิน 126 น.
- Sanchez , P.A. 1976. Properties and management of soils in the tropics
in soil acidity and liming. pp. 233-253. John Willey and Sons,
NewYork.
- Woodruff, C.M. 1948. Determination for the exchangeable hydrogen and
lime requirement of the soil by means of the glass electrode
and a buffer solution. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 12:141-142.



วิธีวิเคราะห์ค่าการนำไฟฟ้า

(Electrical Conductivity ; EC)

ในดินมีเกลือที่ละลายได้อยู่หลายชนิด บางชนิดละลายได้ดี เช่น NaCl , CaCl_2 , NaHCO_3 , Na_2SO_4 เป็นต้น บางชนิดละลายได้เพียงบางส่วน เช่น CaSO_4 การวัดค่า EC จึงเป็นการประเมินปริมาณเกลือที่ละลายได้ของดิน และค่าที่ได้ยังใช้เป็นตัวกำหนดระดับความเค็มของดินด้วย การวัดค่าการนำไฟฟ้าของดินใช้วิธีวัดในสารละลายของดินกับน้ำ อัตราส่วนระหว่างดินต่อน้ำอาจแตกต่างกันแล้วแต่ห้องปฏิบัติการแต่ละแห่ง แต่ที่นิยมใช้มักเป็น 1:5 หรือ เรียกว่า EC 1:5 หรือใช้วิธีการสกัดดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ แล้ววัดสารละลายที่สกัดได้ เรียกว่า EC extract (ECe) สัดส่วนของดินต่อน้ำจะใช้เท่าใดก็ตาม จะต้องระบุสัดส่วน นั้นไว้ด้วย ทุกครั้งที่รายงานผล

ECe และ EC 1:5 ของตัวอย่างเดียวกันจะให้ค่าไม่เท่ากัน เนื่องจากปริมาณเกลือที่ละลายออกมาจากดินจะไม่เท่ากัน ในการวัด EC ในอัตราส่วน ดิน:น้ำ 1:5 ปริมาณน้ำที่มากอาจละลายเกลือออกมาได้เกือบหมด แต่ ECe จะใช้น้ำน้อยกว่าวิธี EC 1:5 ทำให้มีเกลือละลายออกมาได้น้อย ดังนั้น ค่า EC 1:5 เมื่อเทียบกันเป็นความเข้มข้นของเกลือที่ละลายได้ในดินจะมากกว่าค่าที่ได้จาก ECe

ค่า ECe เป็นค่าที่ได้เมื่อสถานะของดินต่อน้ำใกล้เคียงกับสภาพการอุ้มน้ำที่ความจุสนาม (field capacity) ซึ่งต่างจากค่า EC 1:5 ซึ่งใช้น้ำมากกว่าหลายเท่าทำให้เปรียบเทียบกับสภาพของดินตามธรรมชาติไม่ได้ ดังนั้น ค่า ECe จึงมีความสัมพันธ์กับการเจริญเติบโตของพืชมากกว่าค่า EC 1:5



หน่วยของค่า EC ที่นิยมใช้มี

- $EC \times 10^3$ mmoh/cm หรือ $dS m^{-1}$

- $EC \times 10^6$ $\mu mho/cm$ หรือ $\mu S cm^{-1}$

ค่า EC ของสารละลายเกลือจะเพิ่มขึ้น เมื่ออุณหภูมิของสารละลายเพิ่มขึ้น โดยจะเพิ่มขึ้นประมาณ 2 % เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น $1^\circ C$ ดังนั้น อุณหภูมิมาตรฐานเมื่อรายงานค่า EC คือ $25^\circ C$

การวัดความเค็มของดินได้มีการวัดในอัตราส่วนดินต่อน้ำหลายอัตราส่วน Bower และ Wilcox (1965) ได้ใช้อัตราส่วนดินต่อน้ำที่อัตราดินอิมตัวด้วยน้ำ เพราะว่าเป็นอัตราส่วนที่ต่ำที่สุดซึ่งสัมพันธ์กับความชื้นของดินในสนาม ส่วนวิจัยเคมีดิน สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน วิเคราะห์ความเค็มของดิน 2 วิธีด้วยกันคือ

(1) ดิน : น้ำ อัตราส่วน 1:5 การวัดความเค็มวิธีนี้จำเป็นต้องนำมาใช้เนื่องจากวิเคราะห์ได้อย่างรวดเร็ว ง่าย สะดวก และเหมาะสมสำหรับห้องปฏิบัติการที่ไม่มีเครื่องกรองที่ใช้แรงอัดดิน (Baroid Press) ซึ่งเป็นเครื่องมือที่มีราคาแพง ค่าที่ได้จากวิธีนี้สามารถนำไปประเมินความเค็มของดินโดยประมาณด้วยวิธีสกัดจากดินที่อิมตัวด้วยน้ำโดยเทียบจากกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง 2 วิธี จากความแตกต่างของเนื้อดิน (ภิญโญ และคณะ, 2543)

(2) วิธีการสกัดจากดินที่อิมตัวด้วยน้ำ เป็นวิธีมาตรฐานที่ใช้สำหรับการจัดชั้นดิน (Soil Taxonomy) และการแยกกระดบความเค็มของดินโดยทั่วไป แต่เป็นวิธีที่ใช้เวลามากในการทำตัวอย่างให้ดินอิมตัวด้วยน้ำ อย่างไรก็ตามวิธีนี้เป็นวิธีที่ง่ายในการแปลผล (interpretation) เนื่องจากเป็นความเค็มที่มีความสัมพันธ์กับการตอบสนองของพืช ซึ่งวิธีนี้เป็นวิธี



82 คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช ๑

ที่วิเคราะห์ประจุบวกที่ละลายน้ำได้ คือ Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ และ K^+ และประจุลบ PO_4^{3-} , NO_3^- , Cl^- , $\text{CO}_3^{=}$, HCO_3^- และ $\text{SO}_4^{=}$ ด้วยและวิธีนี้ยังสามารถใช้คำนวณประจุบวกและประจุลบทั้งหมดโดยประมาณที่ละลายอยู่ในสารละลายดิน (U.S. Salinity Laboratory Staff, 1954)

$$\text{ปริมาณประจุบวกทั้งหมด} = 10 \times \text{ECe (dS m}^{-1}\text{)}$$

$$\text{ปริมาณประจุลบทั้งหมด} = 10 \times \text{ECe (dS m}^{-1}\text{)}$$

1. วิธีวิเคราะห์ค่าการนำไฟฟ้า

1.1 ดิน : น้ำ อัตราส่วน 1 : 5

ก. อุปกรณ์ และเครื่องมือ

(1) ขวดชมพู่ (Erlenmeyer flask) ขนาด 125 mL

(2) กรวย

(3) กระดาษกรอง เบอร์ 5

(4) ขวดปริมาตร 1 L

(5) ขวดกรอง (Filtering flask) ขนาด 500 mL

(6) กระบอกตวง ขนาด 50 mL

(7) เทอร์โมมิเตอร์

(8) เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity meter)

ข. สารเคมี สารละลายและวิธีเตรียม

(1) สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl)

0.01 M

ละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) 0.7456 g ที่อบแห้ง

ในน้ำกลั่น แล้วทำให้มีปริมาตร 1 L ใช้ปรับ Conductivity meter

(2) น้ำกลั่น



ค. วิธีการ

- (1) ชั่งดิน 10 g ใส่ในขวดชมพู่ ขนาด 125 mL
- (2) เติมน้ำกลั่น 50 mL เขย่าให้เข้ากันเป็นเวลา 2 ชั่วโมง กรอง หรือเขย่า 30 นาที ทิ้งค้างคืน รุ่งขึ้น กรอง (ถ้าเป็นดินเหนียว ทิ้งค้างคืน แล้วกรอง)
- (3) ก่อนนำสารละลายดินไปวัดค่าการนำไฟฟ้าด้วยเครื่องวัดการนำไฟฟ้า ต้องปรับเครื่องวัดด้วยสารละลายมาตรฐาน KCl 0.01M และ 0.1M โดยสารละลายมาตรฐาน KCl 0.01 M เครื่องจะอ่านได้ประมาณ $1413 \mu\text{S cm}^{-1}$ ที่อุณหภูมิ 25 °C หรือสารละลายมาตรฐาน KCl 0.1 M เครื่องจะอ่านได้ประมาณ 129 dS cm^{-1} ที่อุณหภูมิ 25 °C
- (4) นำสารละลายดิน 1:5 ที่กรองได้ไปวัดค่าการนำไฟฟ้า (EC) ด้วยเครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity meter)

1.2 ดินอิมตัวด้วยน้ำ

ก. อุปกรณ์ และเครื่องมือ

- (1) บีกเกอร์ขนาด 50 และ 600 mL
- (2) ช้อนกวนดิน (Spatula)
- (3) กระป๋องมีฝาปิด (Can)
- (4) ขวดพลาสติกขนาด 50 mL
- (5) เครื่องกรองที่ใช้แรงอัดดิน (Baroid press)
- (6) เทอร์โมมิเตอร์
- (7) เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity meter)

ข. สารเคมี และสารละลายและวิธีเตรียมเช่นเดียวกับ

ข้อ 1.1 ข.



84 คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช ๑

ค. วิธีการ

(1) ตวงดินประมาณ 400 g ใส่ลงในบีกเกอร์ ขนาด 600 mL

(2) เติมน้ำกลั่นลงไปช้าๆ พร้อมกับคนดินด้วยช้อนกวนดิน (spatula) เพื่อให้ดินมีความชื้นสม่ำเสมอ และดินขึ้นเป็นมัน ทั้งไว้ค้างคืน

(3) รุ่งขึ้นกวนดินอีกครั้ง กวนตลอดเวลา เพื่อให้ดินอิ่มตัวด้วยน้ำสม่ำเสมอ สัมผัสได้โดยดินขึ้นเป็นมันและจะไหลช้าๆ เมื่อเอียงบีกเกอร์

(4) ตักดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำประมาณ 10-20 g ใส่ในกระป๋อง (can) ที่ทราบน้ำหนักแน่นอน นำไปอบให้แห้ง เพื่อจะวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ความชื้นที่จุดอิ่มตัวด้วยน้ำ (%SP)

(5) ดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำส่วนที่เหลือ นำไปสกัดเอาสารละลายดินออกมาด้วยเครื่องกรองที่ใช้แรงอัดดิน เก็บสารละลายที่สกัดได้ในขวดขนาด 50 mL เพื่อนำไปวัดค่าการนำไฟฟ้า (ECe) สารละลายเกลือธาตุประจุบวก (Sol. Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ และ Na^+) และสารละลายเกลือธาตุประจุลบ (Sol. PO_4^{3-} , NO_3^- , Cl^- , $\text{CO}_3^{=}$, HCO_3^- และ $\text{SO}_4^{=}$)

(6) สารละลายดินที่สกัดได้จากดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำข้อ 1.2 ค.(5) นำไปวัดค่าการนำไฟฟ้า (ECe) ด้วยเครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity meter) เช่นเดียวกับข้อ 1.1 ค. (4)

2. วิธีวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ความชื้นในดินเมื่อดินอิ่มตัวด้วยน้ำ (Saturation Percentage ; %SP)

ก. อุปกรณ์ และเครื่องมือ

(1) กระป๋อง (can)



(2) เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง

(3) ตู้อบ (Oven)

(4) โถดูดความชื้น (desiccator)

ข. วิธีการ

(1) ชั่งกระป๋อง (can) ที่อบจนได้น้ำหนักคงที่ บันทึกน้ำหนัก
แน่นอนของกระป๋อง (A)

(2) ชั่งดินเปียกและกระป๋องจากข้อ 1.2 ค.(4) บันทึกน้ำหนัก
ดินเปียกและกระป๋อง(B)

(3) อบดินในกระป๋องในตู้อบ ที่อุณหภูมิ 105 °C เป็นเวลา 8
ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น (desiccator)

(4) ชั่งน้ำหนักดินแห้ง และกระป๋อง บันทึกน้ำหนักดินแห้ง
และกระป๋อง (C)

(5) คำนวณความชื้นในดินเมื่อดินอิมตัวด้วยน้ำ

ค. การคำนวณ

จากสูตร % ความชื้นในดินเมื่อดินอิมตัวด้วยน้ำ (SP)

$$= \frac{\text{น้ำหนักดินก่อนอบ} - \text{น้ำหนักดินหลังอบ}}{\text{น้ำหนักดินแห้ง}} \times 100$$

$$= \frac{(B) - (C)}{(C) - (A)} \times 100$$

เมื่อ

SP = ความชื้นในดินเมื่อดินอิมตัวด้วยน้ำ

A = น้ำหนักคงที่ของกระป๋อง (can)

B = น้ำหนักดินเปียกและน้ำหนักกระป๋อง
(น้ำหนักดินก่อนอบ)



86 คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช ๑

$C =$ น้ำหนักดินอบแห้งและน้ำหนักกระป๋อง (น้ำหนักดิน
หลังอบ)

3. วิธีวิเคราะห์แคตไอออนที่ละลายน้ำ (Soluble Cations ; Sol. Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ และ Na^+)

3.1 Sol. Ca^{++} และ Mg^{++}

ก. อุปกรณ์ และ เครื่องมือ

- (1) เครื่องเจือจางสารละลาย (Auto dilutor)
- (2) Atomic Absorption Spectrophotometer
- (3) หลอดแก้ว (test tube) ขนาด 20 mL

ข. สารเคมี สารละลายและวิธีเตรียม

(1) สารละลายสตรอนเทียมคลอไรด์ (Strontium
chloride solution ; $SrCl_2$) $1,500 \text{ mg L}^{-1}$

ละลายสตรอนเทียมคลอไรด์ 4.60 g ในน้ำกลั่น 1 L

(2) สารละลายมาตรฐานแคลเซียม 1000 mg L^{-1}

ละลายแคลเซียมคาร์บอเนต 1.2488 g ที่อบแห้ง
ที่อุณหภูมิ $105 \pm 5^\circ \text{C}$ ในกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้นจนหมด ทำให้มีปริมาตร
500 mL ด้วยน้ำกลั่น

(3) สารละลายมาตรฐานแคลเซียม 100 mg L^{-1}

ปิเปตต์สารละลายข้อ (2) 10 mL ปรับปริมาตรเป็น
100 mL ด้วยน้ำกลั่น

(4) Standard set ของแคลเซียม

สารละลายข้อ (3) ทำให้มีความเข้มข้น 0, 2, 4,
6, 8, 10 mg L^{-1} ด้วยสารละลาย $SrCl_2$ ทำกราฟมาตรฐานของแคลเซียม
ต้องทำทุกครั้งทีวิเคราะห์



คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช ๙ 87

(5) สารละลายมาตรฐานแมกนีเซียม 1,000 mg L⁻¹
ละลายแมกนีเซียมออกไซด์ 0.8289 g ที่อบแห้ง
ที่อุณหภูมิ 100 ± 5 °C ในกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้นจนหมด ทำให้มีปริมาตร
500 mL ด้วยน้ำกลั่น

(6) สารละลายมาตรฐานแมกนีเซียม 100 mg L⁻¹
ปิเปตต์สารละลายข้อ(5) 10 mL ปรับปริมาตร
เป็น 100 mL ด้วยน้ำกลั่น

(7) Standard set ของแมกนีเซียม
ปิเปตต์สารละลายข้อ (6) ทำให้มีความเข้มข้น 1,
2, 3, 4, 5 mg L⁻¹ ด้วยสารละลาย SrCl₂ ทำกราฟมาตรฐานของแมกนีเซียม
ต้องทำทุกครั้งที่จะวิเคราะห์

ค. วิธีการ

นำสารละลายที่สกัดได้จากข้อ 1.2 ค.(5) วัดปริมาณแคลเซียม
แมกนีเซียม ด้วย Atomic Absorption Spectrophotometer วัดที่ความยาว
คลื่น 422 และ 285 nm ถ้าเข้มข้นมากต้อง เจือจางด้วยสารละลาย
สตรอนเตียมคลอไรด์

ง. การคำนวณ

$$\text{ปริมาณ Sol. Ca}^{++} \text{ หรือ Mg}^{++} = \frac{A \times B}{\text{eq.wt. Ca หรือ Mg}} \text{ mmol L}^{-1}$$

เมื่อ

A = ค่าความเข้มข้นของ Ca หรือ Mg เทียบกับ
standard set อ่านได้จาก AAS (mg L⁻¹)

B = อัตราส่วนการเจือจาง (Dilution factor)



88 คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช ๑

eq.wt. Ca = 20.04

eq.wt. Mg = 12.16

3.2 Sol. K⁺ และ Na⁺

ก. อุปกรณ์ และ เครื่องมือ

(1) เครื่องเจือจางสารละลาย (Auto dilutor)

(2) เครื่อง Flame photometer

(3) หลอดแก้ว (test tube) ขนาด 20 mL

ข. สารเคมี สารละลายและวิธีเตรียม

(1) น้ำกลั่น

(2) สารละลายโพแทสเซียมมาตรฐาน 1,000 mg L⁻¹

ละลาย 1.907 g ของโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) ที่

อบแห้งที่อุณหภูมิ 105 ± 5 °C ในน้ำกลั่นให้มีปริมาตร 1 L

(3) สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียม 100 mg L⁻¹

ปิเปตต์สารละลายข้อ (2) 10 mL ปรับปริมาตรเป็น

100 mL ด้วยน้ำกลั่น

(4) Standard set ของโพแทสเซียม

สารละลายข้อ (3) ให้มีความเข้มข้น 0, 5 และ 10

mg L⁻¹ ด้วยน้ำกลั่น

(5) สร้างกราฟมาตรฐานของ standard K ด้วยเครื่อง Flame photometer ซึ่งปัจจุบันส่วนวิจัยเคมีดิน ได้กำหนดไว้ที่ความเข้มข้น 0, และ 10 mg L⁻¹

(6) สารละลายโซเดียมมาตรฐาน 1,000 mg L⁻¹

ละลาย 2.542 g ของโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ที่อบแห้ง

อุณหภูมิ 105 ± 5 °C ในน้ำกลั่นให้มีปริมาตร 1 L

(7) สารละลายมาตรฐานโซเดียม 100 mg L⁻¹



คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช ๑ 89

ปิเปตต์สารละลายข้อ (6) 10 mL ปรับปริมาตรเป็น 100 mL ด้วยน้ำกลั่น

(8) Standard set ของโซเดียม

สารละลายข้อ (7) ให้มีความเข้มข้น 0, 4 และ 8 mg L⁻¹ ด้วยน้ำกลั่น

(9) สร้างกราฟมาตรฐานของ standard Na ด้วยเครื่อง Flame photometer

ค. วิธีการ

นำสารละลายที่สกัดได้จากข้อ 1.2ค.(5) วัดปริมาณโพแทสเซียมและโซเดียม โดยใช้ Flame Photometer วัดที่ความยาวคลื่น 383 และ 295 nm ถ้าเข้มข้นมากเจือจางด้วยน้ำกลั่น

ง. การคำนวณ

$$\text{ปริมาณ Sol. K}^+ \text{ หรือ Na}^+ = \frac{A \times df}{\text{eq.wt. K หรือ Na}} \text{ mmol L}^{-1}$$

เมื่อ

A = ค่าความเข้มข้นของ K หรือ Na เทียบกับ standard set ที่อ่านได้จากเครื่อง Flame photometer (mg L⁻¹)

df = อัตราส่วนการเจือจาง (Dilution factor)

eq.wt. K = 39.10

eq.wt. Na = 22.99



90 คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช ๑

4. คำนวณอัตราส่วนของโซเดียมที่ถูกดูดซับในดิน (Sodium - Absorption Ratio ; SAR)

$$\text{อัตราส่วนของโซเดียมที่ถูกดูดซับในดิน (SAR)} = \frac{\text{sol. Na}}{\sqrt{\frac{\text{sol. Ca} + \text{sol. Mg}}{2}}}$$

โดย sol. Na, Ca และ Mg มีหน่วยเป็น mmol L⁻¹

ค่าการนำไฟฟ้าและระดับความเค็มของดิน

ค่าการนำไฟฟ้า (dS m ⁻¹)	ระดับความเค็ม
< 2	ไม่เค็ม
2-4	เค็มเล็กน้อย
4-8	เค็มปานกลาง
8-16	เค็มมาก
> 16	เค็มจัด

5. วิธีวิเคราะห์แอนไอออนที่ละลายน้ำ

(Soluble Anions; Sol. Cl⁻, CO₃⁼, HCO₃⁻, SO₄⁼ และ PO₄³⁻)

5.1 คลอไรด์ที่ละลายน้ำ (Soluble Chloride; Sol. Cl⁻)

ก. อุปกรณ์ และเครื่องมือ

- (1) ขวดชมพู (Erlenmeyer flask) ขนาด 50 mL
- (2) บีเปตต์ 1 mL
- (3) บีวเรตต์ 10 mL



คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช ฯ 91

(4) กระจกบดวง (Cylinder) ขนาด 25 mL

(5) เครื่องกวนด้วยแม่เหล็ก (Magnetic stirrer)

ข. สารเคมี สารละลายและวิธีเตรียม

(1) สารละลายอินดิเคเตอร์โพแทสเซียมโครเมท

ความเข้มข้น 5%

ละลายโพแทสเซียมโครเมท (K_2CrO_4) 5 g ในน้ำกลั่น 50 mL หยดสารละลายซิลเวอร์ไนเตรท ความเข้มข้น 0.1 N คนตลอดเวลาจนกระทั่งเกิดตะกอนสีแดง กรองตะกอนออก นำสารละลายที่ได้เติมน้ำกลั่นให้มีปริมาตร 100 mL

(2) สารละลายซิลเวอร์ไนเตรทมาตรฐาน ความเข้มข้น

0.05 N

ละลาย ซิลเวอร์ไนเตรท ($AgNO_3$) 8.4944 g ในน้ำกลั่น แล้วทำให้มีปริมาตร 1 L นำสารละลายที่ได้ไปเทียบมาตรฐานกับเกลือแกง (NaCl) โดยชั่งเกลือแกง 2.925 g ละลายในน้ำกลั่น ทำให้มีปริมาตร 1 L ปิเปตต์สารละลายเกลือแกง 10 mL ไทเทรตกับสารละลายซิลเวอร์ไนเตรทมาตรฐาน โดยใช้อินดิเคเตอร์โพแทสเซียมโครเมท คำนวณความเข้มข้นของสารละลายซิลเวอร์ไนเตรทมาตรฐาน จากสูตร

ความเข้มข้นของซิลเวอร์ไนเตรทมาตรฐาน (นอร์มอล)

$$= \frac{\text{น้ำหนัก (g) โซเดียมคลอไรด์}}{\text{ปริมาตร (mL) สารละลายซิลเวอร์ไนเตรท ข้อ (3) } \times 0.0585}$$

ค. วิธีการ

(1) ปิเปตต์สารละลายดินซึ่งสกัดจากดินที่อ้อมตัวด้วยน้ำ

ข้อ 1.2 ค. (5) 1-5 mL ใส่ในขวดชมพู ขนาด 50 mL



92 คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช ๑

(2) เติมน้ำกลั่น 10 mL แล้วไทเทรตกับสารละลายซิลเวอร์ไนเตรทมาตรฐาน 0.05 N มีโพแทสเซียมโครเมท 5% เป็นอินดิเคเตอร์ สารละลายจะเปลี่ยนจากสีเหลืองเป็นสีเหลืองปนแดงที่จุดยุติ

(3) ทำ blank โดยใช้ น้ำกลั่น 10 mL ไทเทรตเช่นเดียวกับสารละลายตัวอย่างดิน

(4) ปริมาตรของซิลเวอร์ไนเตรทมาตรฐาน 0.05 N ที่ใช้ไทเทรตกับสารละลายดินและ blank คำนวณปริมาณคลอไรด์ที่ละลายน้ำ (Sol. Cl⁻)

ง. การคำนวณ

ปริมาณคลอไรด์ที่ละลายน้ำ (Sol.Cl⁻)

$$= \frac{N(A-B) \times 1000}{X} \text{ มิลลิกรัมสมมูลต่อลิตร} \\ \text{หรือ mmol L}^{-1}$$

เมื่อ

N = ความเข้มข้นของซิลเวอร์ไนเตรทมาตรฐาน (นอร์มอล)

A = ปริมาตรของซิลเวอร์ไนเตรทมาตรฐานที่ใช้ในการไทเทรต กับสารละลายดิน (mL)

B = ปริมาตรของซิลเวอร์ไนเตรทมาตรฐานที่ใช้ในการไทเทรตกับ blank (mL)

X = ปริมาตรของสารละลายดิน (mL)

5.2 คาร์บอเนตและไบคาร์บอเนตที่ละลายน้ำ

(Soluble Carbonate and Soluble Bicarbonate ; Sol. CO₃⁼, HCO₃⁻)

ก. อุปกรณ์ และเครื่องมือ

(1) ขวดชมพู่ (Erlenmeyer flask) ขนาด 50 mL



คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช ๑ 93

- (2) บีเปตต์ 1 และ 5 mL
- (3) บีวเรตต์ 10 mL
- (4) กระบอกตวง 25 mL
- (5) เครื่องกวนด้วยแม่เหล็ก (Magnetic stirrer)

ข. สารเคมี สารละลายและวิธีเตรียม

(1) สารละลายกรดซัลฟิวริกมาตรฐาน 0.01 N โดยเตรียมจากสารละลาย กรดซัลฟิวริก 0.1 N ตวงกรดซัลฟิวริกเข้มข้น (conc. H₂SO₄) 2.84 mL ในน้ำกลั่น ทำให้มีปริมาตร 1 L แล้วจึงเจือจางสารละลายกรดซัลฟิวริก 0.1 N เป็นสารละลายกรดซัลฟิวริก มาตรฐาน 0.01 N

(2) สารละลายฟีนอล์ฟทาลีน ความเข้มข้น 0.1 ละลายฟีนอล์ฟทาลีน 0.1 g ในเอทิลแอลกอฮอล์ 95% 100 mL

(3) สารละลายเมทิลออเรนจ์ (methyl orange) ความเข้มข้น 0.1 %

ละลายเมทิลออเรนจ์ 0.1 g ในน้ำกลั่น 100 mL

ค. วิธีการ

(1) บีเปตต์สารละลายดินจากการสกัดดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ ข้อ 1.2ค.(5) 5 mL ใส่ในขวดแก้วกันแบนขนาด 50 mL

(2) หยดฟีนอล์ฟทาลีน 0.1% 3-4 หยด ถ้าสารละลายมีสีชมพูแสดงว่ามีคาร์บอเนต (CO₃²⁻) ไทเทรตหาปริมาณคาร์บอเนตด้วยสารละลายกรดซัลฟิวริกมาตรฐาน 0.01 N สารละลายเปลี่ยนจากสีชมพูเป็นไม่มีสีที่จุดยุติ แต่ถ้าหยดฟีนอล์ฟทาลีนลงไปแล้วสารละลายไม่มีสีชมพู แสดงว่าไม่มีคาร์บอเนต ไทเทรตหาปริมาณไบคาร์บอเนต (HCO₃⁻) ต่อไป



94 คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช ๑

(3) ไทเทรตด้วยสารละลายกรดซัลฟิวริกมาตรฐาน 0.01 N มีเมธิลออเรนจ์ 0.1% เป็น อินดิเคเตอร์ สารละลายจะเปลี่ยนสีจากสีเหลืองเป็นสีแดงที่จุดยุติ

(4) ปริมาตรของกรดซัลฟิวริกมาตรฐาน 0.01 N ที่ใช้ในการไทเทรตกับสารละลายดินและ blank นำไปคำนวณปริมาณของคาร์บอเนตและไบคาร์บอเนตที่ละลายน้ำ

(5) ทำ Blank โดยใช้ น้ำกลั่น 5 mL ไทเทรตเช่นเดียวกับสารละลายตัวอย่างดิน

ง. การคำนวณ

$$\text{คาร์บอเนตที่ละลายน้ำ (Sol. CO}_3^{2-}) = \frac{N(2A-C) \times 1000}{X} \text{ mmol L}^{-1}$$

$$\text{ไบคาร์บอเนตที่ละลายน้ำ (Sol. HCO}_3^{-}) = \frac{N(B-2A-D) \times 1000}{X} \text{ mmol L}^{-1}$$

เมื่อ

N = ความเข้มข้นของกรดซัลฟิวริกมาตรฐาน (นอร์มอล)

A = ปริมาตรของกรดซัลฟิวริกมาตรฐานที่ใช้ในการไทเทรตครั้งแรก (mL)

B = ปริมาตรของกรดซัลฟิวริกมาตรฐานที่ใช้ในการไทเทรตทั้งหมด (mL)

C = ปริมาตรของกรดซัลฟิวริกมาตรฐานที่ใช้ในไทเทรต Blank ครั้งแรก (mL)

D = ปริมาตรของกรดซัลฟิวริกมาตรฐานที่ใช้ในไทเทรต Blank ทั้งหมด (mL)

X = ปริมาตรของสารละลายดิน (mL)



4.3 ซัลเฟตที่ละลายน้ำ (Soluble Sulfate ; Sol. $\text{SO}_4^{=}$)

ก. อุปกรณ์ และเครื่องมือ

- (1) ขวดปริมาตร (Volumetric flask) ขนาด 50 mL
- (2) ปิเปตต์
- (3) เครื่อง Spectrophotometer

ข. สารเคมี สารละลายและวิธีเตรียม

- (1) กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 6 N
ตวงกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น (conc. HCl) ลงในน้ำกลั่น

อัตราส่วน 1:1

- (2) ผลึกแบเรียมคลอไรด์ ($\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)
- (3) กัมอะคาเซีย (gum acacia) 0.25 %
ละลายกัมอะคาเซีย 0.25 g ในน้ำกลั่น 100 mL ช้อน

ให้ละลายให้หมด

- (4) สารละลายซัลเฟอริมาตรฐาน 100 mg L^{-1}
ละลายโพแทสเซียมซัลเฟต (K_2SO_4 A.R.grade) ที่อบ

ให้แห้งแล้ว 0.5434 g ในน้ำกลั่น หยดกรดไฮโดรคลอริกเล็กน้อย แล้ว
ทำให้มีปริมาตร 1 L

ค. วิธีการ

- (1) ปิเปตต์สารละลายดินที่ได้จากการสกัดดินที่อิมด้วยน้ำ ข้อ 1.2 ค. (5) ประมาณ 1-5 mL ใส่ลงในขวดปริมาตร 50 mL
- (2) ทำให้เป็นกรด โดยเติมกรดไฮโดรคลอริก 6 N 1 mL
เขย่าให้เข้ากัน



96 คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช ๑

(3) เติมผลึกแบเรียมคลอไรด์ ลงไป 0.5 g เขย่าประมาณ 1 นาที

(4) เติมสารละลายกำมะถัน 0.25 %, 2 mL

(5) ทำให้มีปริมาตร 50 mL ด้วยน้ำกลั่น เขย่าให้เข้ากัน

1 นาที

(6) นำไปวัดความขุ่นภายในเวลา 5-30 นาที ด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 420 nm

(7) การทำกราฟมาตรฐาน

นำสารละลายซัลเฟอร์มาตรฐาน ทำ standard set ให้มีความเข้มข้น 0, 5, 10, 15, 20, 25 mg L⁻¹ ไปวัดด้วยเครื่อง Spectrophotometer เช่นเดียวกับตัวอย่างดิน

ง. การคำนวณ

$$\text{สารละลายดิน } 10^6 \text{ mL มี S} = B \quad \text{กรัม}$$

$$\text{สารละลายดิน } 50 \text{ mL มี S} = \frac{B \times 50}{10^6} \quad \text{กรัม}$$

$$\text{นั่นคือ สารละลายดิน } A \text{ mL มี S} = \frac{B \times 50}{10^6} \quad \text{กรัม}$$

$$\text{สารละลายดิน } 10^3 \text{ mL มี S} = \frac{B \times 50 \times 10^3}{10^6 \times A} \quad \text{กรัมต่อลิตร}$$



$$\text{สารละลายดิน มี } \text{SO}_4^- = \frac{B \times 50 \times 10^3 \times 96}{10^6 \times A \times 32} \text{ กรัมต่อลิตร}$$

$$= \frac{B \times 50 \times 10^3 \times 96 \times 10^3}{10^6 \times A \times 32 \times 48} \text{ มิลลิกรัมสมมูลต่อลิตร}$$

ปริมาณซัลเฟตที่ละลายน้ำ (Soluble SO_4^-)

$$= \frac{25 \times B}{8 \times A} \text{ มิลลิกรัมสมมูลต่อลิตร}$$

หรือ mmol L^{-1}

เมื่อ

A = mL ของสารละลายดินสกัด

B = mg L^{-1} ความเข้มข้นของสารละลายดินสกัดที่อ่านได้จากเครื่อง

4.4 ฟอสเฟตที่ละลายน้ำ (Soluble Phosphate; Sol. PO_4^{3-})

ก. อุปกรณ์ และเครื่องมือ

- (1) เครื่องชั่งละเอียด 1 และ 4 ตำแหน่ง
- (2) หลอดแก้ว (test tube)
- (3) ปิเปตต์ (pipette)
- (4) เครื่องทำสารละลายเจือจาง (Auto dilutor)
- (5) ขวดปริมาตร (volumetric flask) ขนาด 50 mL และ 1 L
- (6) บีกเกอร์ขนาด 2 L
- (7) สารเคมีชนิดต่าง ๆ
- (8) เครื่อง Spectrophotometer



98 คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช ๑

๗. สารเคมี สารละลายและวิธีเตรียม

(1) Stock solution (Reagent A :

Sulfuric-molybdate-tartrate solution)

(Reid และ Copeland, 1969, Hue และ Evans, 1978)

ละลายแอมโมเนียมโมลิบเดต (ammonium molybdate; $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) 50 g เติมน้ำกลั่น 200 mL คนให้ละลาย ละลายแอนติโมนีโพแทสเซียมทาร์เตรท (antimony potassium tartrate, $\text{KSbO}_3 \cdot \text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6$) 1.213 g ในน้ำกลั่น 50 mL (ถ้าไม่ละลายนำไปอุ่นแต่ต้องไม่เกิน 60°C) เมื่อละลายเข้ากันดีแล้ว เทใส่ในบีกเกอร์ที่ใส่แอมโมเนียมโมลิบเดต คนให้เข้ากันอีกครั้ง ค่อยๆ เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น (conc. H_2SO_4) 700 mL ที่ไว้ให้เย็น เทลงในขวด Volumetric flask ขนาด 1 L แล้วทำให้มีปริมาตร 1 L ด้วยน้ำกลั่น เทเก็บไว้ในขวด polyethylene หรือขวด pyrex สีน้ำตาลหรือเก็บไว้ในที่มืดและเย็น สารละลายนี้ทิ้งไว้ได้นาน 6 เดือน

(2) สารละลาย develop สี (Working solution,

Reagent B)

(The Auburn University modified Murphy and Riley

(1962), Watanabe and Olsen, 1965 และ Mehlich, 1978)

ละลาย ascorbic acid 1.76 g ในน้ำกลั่นประมาณ 1,600 mL เติมสารละลายข้อ 1 ลงไป 40 mL ทำให้มีปริมาตร 2 L ด้วยน้ำกลั่น ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นประมาณ 2 ชั่วโมง จึงนำมาใช้ สารละลายนี้เก็บได้ไม่เกิน 24 ชั่วโมง ดังนั้นจึงต้องเตรียมใหม่ทุกครั้ง



(3) สารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัส 50 mg L⁻¹

ละลายโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (Potassium dihydrogen phosphate ; KH₂PO₄) ที่อบให้แห้งที่ 40 °C นาน 2 ชั่วโมง 0.2195 g ในน้ำกลั่นพอสมควร ปรับสภาพให้เป็นกรดด้วยกรดซัลฟิวริก 1-2 หยด แล้วทำให้มีปริมาตร 1 L นำสารละลายมาตรฐานนี้มาทำ standard set ให้มีความเข้มข้น 0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 mg L⁻¹ ด้วยน้ำกลั่น

ค. วิธีการ

(1) ดูดสารละลายที่สกัดไว้ อัตราส่วน 1 ส่วนต่อ working solution 4 ส่วน (5 เท่า โดยใช้ Auto dilutor) ลงในหลอดแก้ว ทิ้งไว้ครึ่ง ชั่วโมง นำไปอ่านค่าความเข้มข้น (concentration) ด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 882 nm

(2) ทำชุดสารละลายมาตรฐาน (standard set)

เช่นเดียวกับข้อ (1)

ง. การคำนวณ

$$\text{ฟอสเฟตในน้ำ} = \frac{R \times df(\text{sample}) \times 3.0645}{df(\text{standard}) \times 30.97} \text{ me/L หรือ mmol L}^{-1}$$

เมื่อ

R = ค่าที่วัดได้เทียบกับ standard set (mg L⁻¹)

df = อัตราส่วนการเจือจาง (dilution factor)



เอกสารอ้างอิง

ภิญโญ เทียมรัตน์, ละเอียด สีนุกูเสน และวนิดา จุฑาทิส. 2543. ความสัมพันธ์ของค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายที่สกัดจากดิน : น้ำ อัตรารส่วน 1:5 กับดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำของดินเค็มชายทะเล ภาคกลางของประเทศไทย ทะเบียนวิจัยเลขที่ 43 43 08 04 000 08 03 01 11. เอกสารวิชาการ, สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน, กรมพัฒนาที่ดิน 85 น.

Bower, C.A., and L.V. Wilcox. 1965. Soluble Salts in Methods of Soil Analysis, Part 2. Chemical and Biological Properties. Amer. Soc. of Agro.,No.9. 62:933-951

Hue, N.V., and C.E. Evans. 1978. Soil Testing Laboratory. Procedures used by the Auburn University. USA.

Mehlich, A.1978. New extractant for soil test evaluation of phosphorus, potassium, magnesium, calcium, sodium, manganese and zinc. Commun.in Soil Science And Plant Analysis 9(6): 477-492.

Murphy, J.M. and J.P. Riley.1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural water. Anable Chemica Acta. 27:31-36.

Olson, R.V., 1965. Iron. In C.A. Black et al.(ed.). Method of Soil Analysis. American Society of Agronomy Inc., 963-973.

Reid, P.H. and C. Copeland. 1969. Analytical Methods used by the Soil Testing Division, N.C.D.A.,Raleigh, N.C. Mimeo.

U.S. Salinity laboratory staff. 1954. L.A. Richards (ed.) Diagnosis and improvement at Saline and alkaline Soils. U.S. Dept. of agric. Handb.



วิธีวิเคราะห์ความต้องการยิปซัม (Gypsum Requirement : GR)

ดินเค็มเป็นดินที่มีปริมาณเกลือละลายง่ายสูง (มีค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายซึ่งสกัดจากดินอิ่มด้วยน้ำ $>4 \text{ dS m}^{-1}$ ขึ้นไป) จนเป็นพิษต่อการเจริญเติบโตของพืช โดยมีผลทำให้พืชที่ปลูกในดินเค็มเหี่ยว และเกิดใบไหม้เนื่องจากน้ำในพืชจะไหลกลับออกมาอยู่ในสารละลายดิน ซึ่งในการแก้ไขปรับปรุงดินใช้วิธีการชะล้างด้วยน้ำจืด สำหรับดินโซดิกหรือดินต่างไม่ใช้ดินเค็มแต่มีปริมาณโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้สูง โดยมีค่าเปอร์เซ็นต์โซเดียมแลกเปลี่ยนได้เท่ากับหรือมากกว่า 15 ขึ้นไป และดินเค็มโซดิกซึ่งมีทั้งเกลือที่ละลายง่ายและโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้สูง เนื้อดินของดินทั้งสองชนิดนี้ส่วนใหญ่จะเป็นดินเนื้อละเอียด โครงสร้างดินมีสภาพเลวลง ถ้าใช้วิธีการล้างดินอย่างเดียวจะไม่ค่อยได้ผล เนื่องจากเมื่อเกลือถูกชะล้างไปแล้วดินจะอิ่มตัวด้วยโซเดียม ซึ่งทำให้ดินพองตัวและแน่นทึบ การระบายน้ำเลว พืชที่ปลูกไม่สามารถเจริญเติบโตได้ เพราะพืชจะดูดโซเดียมเข้าไปสะสมในเนื้อเยื่อมากเกินไปจนเป็นพิษ วิธีการปรับปรุงดินโซดิกและดินเค็มโซดิกจะต้องใช้แคลเซียมแทนที่โซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ และชะเกลือโซเดียมออกไปจากบริเวณที่ปลูกพืช พร้อมทั้งปรับปรุงสมบัติทางกายภาพให้เหมาะสมต่อการเพาะพืชน้ำ

สารปรับปรุงดินที่เหมาะสมกับการใช้ปรับปรุงดินโซดิก ดินเค็มโซดิกหรือดินที่มีโซเดียมสูงนั้นมีหลายชนิดด้วยกัน เช่น ยิปซัม ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) เป็นแร่ที่มีแคลเซียมเป็นองค์ประกอบ หาได้ง่าย ราคาถูก เมื่อใส่ลงไปจะเปลี่ยนเกลือ Na_2CO_3 และ NaCl ให้เป็น Na_2SO_4 และจะถูกชะล้างออกจากดินด้วยน้ำจืดได้ง่ายขึ้น



102 คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช ฯ

การวิเคราะห์ความต้องการยิปซัมของดิน กระทำได้โดยการเติมสารละลาย Sat. Gypsum จำนวนมากเกินพอ และทราบปริมาณแคลเซียม ที่แน่นอนลงไปดิน ปล่อยให้ทิ้งไว้ให้ปฏิกิริยาเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ วัดปริมาณแคลเซียมที่เหลือจากปฏิกิริยา จากนั้นคำนวณความต้องการยิปซัมของดินได้จากปริมาณแคลเซียมที่ใช้ในการทำปฏิกิริยากับดิน

การวิเคราะห์ความต้องการยิปซัม (GR) (Bower และ Huss, 1948)

ก. อุปกรณ์ และเครื่องมือ

- (1) ขวดชมพู่ ขนาด 125 และ 250 mL
- (2) กรวย
- (3) ปิเปตต์
- (4) Atomic Absorption Spectrophotometer

ข. สารเคมี สารละลายและวิธีเตรียม

- สารละลายยิปซัมอิ่มตัว (Saturated gypsum solution)

ละลายยิปซัม ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) ประมาณ 5 g ด้วยน้ำกลั่น 1 L ในขวดแก้วปิดจุกให้แน่น เขย่าด้วยมือหลาย ๆ ครั้งเป็นเวลา 1 ชั่วโมง หรือเขย่าด้วยเครื่องเขย่า 10 นาที กรองสารละลายยิปซัมอิ่มตัวที่ได้ซึ่งจะต้องมีปริมาณแคลเซียมไม่น้อยกว่า 28 มิลลิกรัมสมมูลต่อลิตร

ค. วิธีการ

- (1) ชั่งดินหนัก 5 กรัม ใส่ในขวดชมพู่ ขนาด 250 mL
- (2) ปิเปตต์สารละลายยิปซัมที่อิ่มตัว ใส่ลงไป 100 mL
- (3) ปิดจุกให้แน่นเขย่าด้วยมือหลาย ๆ ครั้ง เป็นเวลา 30 นาที หรือเขย่าด้วยเครื่องเป็นเวลา 5 นาที แล้วกรอง



คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช ๓ 103

(4) นำสารละลายยิปซัมอิมิตัวและสารละลายดินไปวัดปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียม โดยใช้ Atomic Absorption Spectrophotometer

(5) คำนวณความต้องการยิปซัมของดิน

ง. การคำนวณ

ปริมาณความต้องการยิปซัม

$$= 2(A-B) \quad \text{มิลลิกรัมสมมูลต่อดิน 100 กรัม}$$

$$= \frac{2(A-B) \times \text{มิลลิกรัมสมมูลของยิปซัม มิลลิกรัมต่อดิน 100 กรัม}}{2}$$

$$= \frac{2(A-B) \times 86 \times 1 \times 384,000}{10^6 \times 0.1} \quad \text{กิโลกรัมต่อไร่}$$

$$= 2(A-B) \times 330.24 \quad \text{กิโลกรัมต่อไร่}$$

เมื่อ

A = ปริมาณแคลเซียมที่อ่านได้จากสารละลายยิปซัมอิมิตัว
(มิลลิกรัมสมมูลต่อลิตร)

B = ปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมที่อ่านได้จากสารละลายดิน
(มิลลิกรัมสมมูลต่อลิตร)

ดินนา 1 ไร่ = 384,000 กิโลกรัม (โดยประมาณ)

เอกสารอ้างอิง

Bower, C.A., and R.B. Huss. 1948. Rapid conductometric method for Kenn estimating sypsum in soil. Soil Sci. 66:199-204.



วิธีวิเคราะห์อินทรีย์วัตถุในดิน (Organic Matter; OM)

อินทรีย์วัตถุในดิน หมายถึง อินทรีย์สารทุกชนิดที่มีอยู่ในดิน ซึ่งได้จากซากพืช ซากสัตว์ และสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ที่อาศัยอยู่ในดิน สิ่งขับถ่ายของมนุษย์และสัตว์ สลายตัวทับถมอยู่ในดิน รวมถึงอินทรีย์สารที่รากพืชปลดปล่อยออกมา และที่จุลินทรีย์สังเคราะห์ อินทรีย์วัตถุในดิน ประกอบด้วยอินทรีย์สารหลายชนิด คือ พวกสารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจน สารประกอบอินทรีย์ฟอสฟอรัส สารประกอบอินทรีย์กำมะถัน เป็นต้นและเมื่ออินทรีย์วัตถุสลายตัวโดยจุลินทรีย์ถึงขั้นสุดท้ายจะได้ฮิวมัส (humus) ซึ่งเป็นสารอินทรีย์ประกอบเชิงซ้อนที่ประกอบขึ้นจากสาร group ต่าง ๆ เช่น methyl phenolic, quinone และ carboxylic groups ที่มีอยู่ในดิน ฮิวมัส แบ่งได้เป็นสองส่วน คือ humic acid และ fulvic acid (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2535) ฮิวมัสนี้ไม่ใช่สารที่คงทนถาวร จุลินทรีย์ดินทำให้สลายตัวได้ เช่นเดียวกับอินทรีย์สารอื่นที่มีอยู่ในดิน แต่อัตราการสลายตัวของฮิวมัสจะช้ากว่าการสลายตัวของอินทรีย์สารที่เป็นต้นกำเนิดของฮิวมัส ฮิวมัสเป็นของแข็งที่มีอนุภาคละเอียดมากมีบทบาทสำคัญคือมีความสามารถในการแลกเปลี่ยนแคตไอออน (Cation Exchange Capacity) สูงสามารถดูดซับน้ำได้ดี และมีบทบาทสำคัญต่อการเกาะยึดกันเป็นเม็ดของอนุภาคดิน

คาร์บอน (carbon) เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของอินทรีย์วัตถุ ดังนั้นในการหาปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินจึงใช้วิธีวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนโดยใช้สารเคมีทำให้เกิด oxidation กับคาร์บอนในอินทรีย์วัตถุในดิน แล้วคำนวณปริมาณคาร์บอนในอินทรีย์วัตถุจากปริมาณของสาร



เคมีที่ใช้ไปในปฏิกิริยา และเมื่อทราบปริมาณคาร์บอนแล้วสามารถนำมาคำนวณปริมาณอินทรีย์วัตถุโดยประมาณ โดยคูณกับ “Van Bemmelen factor” ซึ่งเท่ากับ 1.724 จากหลักที่ว่า อินทรีย์วัตถุมีปริมาณคาร์บอน 58% (Allison และ Moodie, 1965) โดยจริงๆ แล้ว Broadbent (1953) ให้ใช้ตัวคูณ (factor) ที่เปลี่ยนจาก อินทรีย์คาร์บอนเป็นอินทรีย์วัตถุแตกต่างกันในดินบนและดินล่าง กล่าวคือ ดินบนคูณด้วย 1.9 โดยประมาณ (52% C) และดินล่างคูณด้วย 2.5 (40% C) แต่อัตราส่วนการเปลี่ยนแปลง ของอินทรีย์คาร์บอนต่ออินทรีย์วัตถุในดินที่แตกต่างกัน และระหว่างชั้นดินในดินเดียวกันไม่แน่นอน ดังนั้นจึงนิยมใช้ตัวคูณ 1.724 ดังกล่าวมากกว่า

การวิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินนิยมใช้วิธีของ Walkley และ Black ซึ่งมีหลักการดังนี้คือ

1. ใช้ oxidizing agent ($K_2Cr_2O_7$) ที่มากเกินไปทำปฏิกิริยากับ reducing agent ที่มีอยู่ในดินจนหมด ซึ่งในที่นี้หมายถึงอินทรีย์คาร์บอน
2. ใช้ reducing agent ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$ หรือ $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$) ทำปฏิกิริยากับ $K_2Cr_2O_7$ ที่เหลือ
3. ทำ blank อีกครั้งหนึ่งโดยไม่รวมดินตัวอย่าง
4. ปริมาณของ $FeSO_4$ ที่ทำปฏิกิริยากับ $K_2Cr_2O_7$ ใน blank จะนำมาคำนวณความเข้มข้นที่แท้จริงของ $FeSO_4$
5. เนื่องจากปริมาณของ easily oxidizable material ที่วิเคราะห์ได้นั้นเป็นเพียงการวัด reducing power ของดินเท่านั้นเอง ดังนั้นก่อนที่จะเปลี่ยนให้เป็นปริมาณของอินทรีย์วัตถุก็ต้องผ่านสมมุติฐานหลายข้อคือ
 - 1) ถือว่าไม่มี reducing agent อื่นที่เป็นอินทรีย์วัตถุในดินเลยจะมีแต่



106 คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช ฯ

อินทรีย์คาร์บอนเท่านั้นที่ถูก oxidized ในการทำปฏิกิริยา
ครั้งนี้

2) ถือว่า equivalent weight ของ carbon ซึ่งถูก oxidized นั้น
เท่ากับ 3



3) ให้ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ recovery ของ carbon ในดิน
เท่ากับ 74-76% ซึ่งค่านี้ได้มาจากการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์กับ
วิธี dry combustion ซึ่งเราสมมุติว่าเป็นวิธีที่ให้ 100% recovery

4) คำนวณเปอร์เซ็นต์อินทรีย์วัตถุจากค่าที่สมมุติให้อินทรีย์วัตถุ
ในดินมี carbon 58% (เป็นอินทรีย์วัตถุที่อยู่ในรูปของ carbohydrate เช่น
glucose เป็นต้น)

วิธีวิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (Walkley และ Black, 1947)

ก. อุปกรณ์ และ เครื่องมือ

- (1) ขวดชมพู่ (Erlenmeyer flask) ขนาด 250 mL
- (2) บีเปตต์ ขนาด 10 mL
- (3) กระบอกตวงขนาด 25 และ 50 mL
- (4) บิวเรตต์ขนาด 50 mL

ข. สารเคมี สารละลายและวิธีเตรียม

(1) สารละลายโพแทสเซียมไดโครเมท (Potassium dichromate)
1 N โพแทสเซียมไดโครเมท ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) อบที่ 105 °C 98.0 g ละลายใน
น้ำกลั่น ทำให้มีปริมาตร 2 L

(2) สารละลายเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต (Ferrous Ammo-
nium Sulphate) 0.5 N



คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช ฯ 107

เฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต $[Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O]$ 400 g
ละลายในน้ำกลั่นพอสมควร เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้นลงไป 50 mL ทำให้
มีปริมาตร 2 L

(3) สารละลายออร์โทฟีแนนโทโรลีน อินดิเคเตอร์ 0.025 M
เฟอร์รัสซัลเฟต $(FeSO_4 \cdot 7H_2O)$ 0.7 g และออร์โทฟีแนนโทโรลีน
(O-phenanthroline) 1.48 g ละลายในน้ำกลั่น ทำให้มีปริมาตร 100 mL

(4) กรดซัลฟิวริกเข้มข้น (conc. H_2SO_4)

ค. วิธีการ

- (1) ชั่งตัวอย่างดิน 1 g ใส่ในขวดชมพู ขนาด 250 mL
- (2) ปิเปตต์ สารละลายโพแทสเซียมไดโครเมท 1 N 10 mL
- (3) เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 15 mL เขย่าขวดแก้วเบา ๆ เป็น
เวลา 1-2 นาที ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 30 นาที
- (4) เติมน้ำกลั่น ประมาณ 50 mL ทิ้งไว้ให้เย็น
- (5) หยดอินดิเคเตอร์ ออร์โทฟีแนนโทโรลีน 5 หยด
- (6) ไทเทรตด้วยสารละลายเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต 0.5 N
เพื่อหาปริมาณโพแทสเซียมไดโครเมทที่เหลือจากปฏิกิริยาจนกระทั่งสี
ของสารละลายดินเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีน้ำตาลแดงที่จุดยุติ
- (7) บันทึกปริมาณโพแทสเซียมไดโครเมท และเฟอร์รัส
แอมโมเนียมซัลเฟตที่ใช้
- (8) ทำ blank เช่นเดียวกับกับวิธีวิเคราะห์ดิน
- (9) คำนวณปริมาณอินทรีย์คาร์บอน และอินทรีย์วัตถุ

ง. การคำนวณ

$$\% \text{ Organic carbon} = \frac{(B-T) N \times 100 \times 3 \times 100 \times 10}{B \quad 77 \quad 10^3 \quad W}$$



108 คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช ฯ

$$\% \text{ Organic matter} = \% \text{ Organic carbon} \times 1.724$$

$$\text{หรือ } \% \text{ Organic Matter} = \frac{(B-T) N}{B} \times \frac{100}{77} \times \frac{100}{58} \times \frac{3}{10^3} \times \frac{100}{W}$$

เมื่อ

N = ความเข้มข้นของโพแทสเซียมไดโครเมท (นอร์มอล)

B = ปริมาตรของสารละลายเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต
ที่ไทเทรตกับ blank (mL)

T = ปริมาตรของสารละลายเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต
ที่ไทเทรตกับตัวอย่างดิน (mL)

W = น้ำหนักดิน (g)

ระดับอินทรีย์วัตถุ (organic matter) (% organic carbon x 1.724)

ระดับ (rating)	พิสัย (ร้อยละ)
ต่ำมาก (VL)	< 0.5
ต่ำ (L)	0.5–1.0
ค่อนข้างต่ำ (ML)	1.0–1.5
ปานกลาง (M)	1.5–2.5
ค่อนข้างสูง (MH)	2.5–3.5
สูง (H)	3.5–4.5
สูงมาก (VH)	> 4.5



เอกสารอ้างอิง

- Allison, L.E., and C.D. Moodie. 1965. Carbonate by Acid Neutralization Method. Methods of soil Analysis Part 2. Chemical and Biological Properties. Amer. Soc. Agro No.9. 91:1387-1388.
- Walkley, A. and I.A. Black, 1947. Chromic acid titration method for determination of soil organic matter. Soil Sci. Amer. Proc. 63:257.



วิธีวิเคราะห์ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (Cation Exchange Capacity ; CEC)

การวิเคราะห์ CEC มีอยู่ด้วยกันหลายวิธี วิธีวิเคราะห์ CEC ของดินด้วยสารละลายที่เป็นกลางซึ่งไม่เป็นบัฟเฟอร์ เช่น 1 N KCl และ 1 N CaCl_2 แต่ในปัจจุบันนักปฐพีวิทยา และกรมพัฒนาที่ดินนิยมใช้เป็นมาตรฐานสำหรับการจำแนกดินระบบอนุกรมวิธานดินของ USDA ใช้ประเมิน สำหรับการไ้ที่ดินเพื่อการปลูกพืช คือ วิธีแอมโมเนียมอะซิเตท (Chapman, 1965) วิธีนี้ใช้สารละลายแอมโมเนียมอะซิเตท 1 N pH 7 แต่เป็นวิธีที่ไม่เหมาะสมกับดิน Calcareous เพราะค่าวิเคราะห์ที่ได้จะต่ำมากถ้ามีแคลเซียมคาร์บอเนตอยู่ด้วยเพราะแคลเซียมที่ละลายได้ในสารละลายแอมโมเนียมอะซิเตทจะไปขัดขวางทำให้การแทนที่ด้วยแอมโมเนียมไอออนเกิดขึ้นไม่สมบูรณ์ เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาจะต้องแยกคาร์บอเนตเสียก่อนโดยใช้แอมโมเนียมคลอไรด์และการกลั่น (Steam distillation) ซึ่งเป็นเทคนิคของ Shaw (1939) แล้ววิเคราะห์ต่อด้วยวิธีแอมโมเนียมอะซิเตท

สำหรับดินเค็มและดินต่างซึ่งมีเกลือที่ละลายน้ำได้สูง วิธีวิเคราะห์ CEC โดยแอมโมเนียมอะซิเตทไม่เหมาะสมเช่นเดียวกันเนื่องจากเกลือที่ละลายน้ำได้จะละลายในสารละลายแอมโมเนียมอะซิเตทและจะทำให้เกิดการตรึงของแอมโมเนียมไอออนขึ้น ทำให้การแทนที่ของแอมโมเนียมไอออนเกิดขึ้นไม่สมบูรณ์ ค่า CEC ของดินจะต่ำลงตามปริมาณแอมโมเนียมไอออนที่ถูกตรึง (Richards, 1954) สำหรับปัญหาเหล่านี้จะไม่เกิดขึ้นถ้าวิเคราะห์ดินเค็มและดินต่างด้วยวิธีโซเดียมอะซิเตทซึ่งเป็นวิธีของ Bower (1952) โดยใช้สารละลายโซเดียมอะซิเตท 1 N pH 8.2 แทนสารละลายแอมโมเนียมอะซิเตทที่เป็นกลางในการแทนที่ประจุ



บวกรที่อนุภาคดิน Bower (1952) ยังให้ข้อสังเกตว่าค่า CEC ของดินโดยวิธีโซเดียมอะซิเตทนี้ไม่มีผลกระทบของแคลเซียมคาร์บอเนตที่มีอยู่ในดิน และไม่ทำให้ค่า CEC ของดินลดลงด้วย ซึ่งวิธีดังกล่าวนี้ ภิญญูและคณะ (2542) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบกับวิธีแอมโมเนียมอะซิเตท และรายงานว่ว วิธีแอมโมเนียมอะซิเตทมีค่าต่ำกว่าวิธีโซเดียมอะซิเตท ซึ่งวิธีแอมโมเนียมอะซิเตทไม่สมควรนำมาใช้วิเคราะห์ค่า CEC ของดินเค็ม และดินต่ง เพราะค่า CEC ที่วิเคราะห์ได้จะต่ำกว่าที่ควรจะเป็น และได้ปรับปรุงวิธีการวิเคราะห์วิธีโซเดียมอะซิเตทให้รวดเร็ว มีประสิทธิภาพและสะดวกมากขึ้น

ประจวบวที่ถูกดูดซับอยู่ที่ผิวคอลลอยด์ของดิน (Exchangeable cations) ส่วนใหญ่จะเป็นประจวบวของแคลเซียม แมกนีเซียม โซเดียม และโพแทสเซียม ซึ่งเมื่อถูกแทนที่ด้วย NH_4^+ จากการชะล้างตัวอย่างดินด้วยแอมโมเนียมอะซิเตท 1 N pH 7 แล้ว สารละลายที่ได้นำไปวัดปริมาณแคลเซียม และแมกนีเซียม แลกเปลี่ยนได้โดย Atomic Absorption Spectrophotometer และปริมาณโซเดียม และโพแทสเซียมแลกเปลี่ยนได้โดย Flame photometer และคำนวณปริมาณร้อยละประจวบวที่เป็นต่ง (% Base Saturation)

1. วิธีวิเคราะห์ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (CEC)

1.1 วิธีแอมโมเนียมอะซิเตท 1 N pH 7.0 โดย Büchner funnel filtration (Chapman, 1965):

ขั้นตอนที่ 1 Saturation and leaching step เป็นการทำให้ดินอิ่มตัวด้วย NH_4^+ โดยการแช่ดินด้วย neutral NH_4OAc เพื่อให้ NH_4^+ จากสารละลาย NH_4OAc เข้าไปแทนที่ แคตไอออนของดิน กรองและล้างตัวอย่างด้วยสารละลาย NH_4OAc และตามด้วย NH_4Cl เพื่อให้ NH_4^+ เข้าแทนที่ native cations ต่ง ๆ ในดินจนอิ่มตัวอย่างเต็มที่



112 คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช ฯ

ขั้นตอนที่ 2 Washing step เป็นการล้างดินด้วย ethyl alcohol 95% เพื่อให้ NH_4^+ ส่วนเกินที่ไม่ได้ถูกดูดซับไว้ ออกจากดินให้หมด

ขั้นตอนที่ 3 Replacing step ให้ Na^+ เข้าไปแทนที่ NH_4^+ ในดิน โดยใช้สารละลาย acidified NaCl

ขั้นตอนที่ 4 Analysing step เป็นขั้นตอนการวิเคราะห์เพื่อหาปริมาณ NH_4^+ ที่ถูกแทนที่ออกมาจากดิน โดยการกลั่นและไทเทรต

ก. อุปกรณ์ และเครื่องมือ

- (1) ขวดชมพู่ (Erlenmeyer flask) ขนาด 125 mL
- (2) กรวย (Buchner funnel)
- (3) ขวดแก้วกรอง (filtering flask) ขนาด 500 mL
- (4) กระดาษกรอง เบอร์ 42
- (5) ขวดปริมาตรขนาด 100 mL
- (6) ขวดกลั่น (Kjeldahl flask) ขนาด 800 mL
- (7) บิวเรตต์ขนาด 50 mL
- (8) เครื่อง pH - meter
- (9) เตากลั่น
- (10) เครื่องชั่ง

ข. สารเคมี สารละลายและวิธีเตรียม

(1) สารละลายแอมโมเนียมอะซิเตท (NH_4OAc) 1 N pH 7
ตวงกรดอะซิติก (glacial acetic acid) 99.5 % 114 mL ใส่ลงในน้ำกลั่นปริมาตรประมาณ 1 L เติมแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น (conc. NH_4OH) ลงไป 136 mL เติมน้ำกลั่นจนมีปริมาตรประมาณ 1,980 mL วัด pH ของสารละลาย แล้วปรับ pH ให้ได้ pH 7 ด้วยกรดอะซิติกหรือแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ เติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 2 L



คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช ๑ 113

(2) สารละลายแอมโมเนียมออกซาลาเลท $[(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}]$, 10%

ละลายแอมโมเนียมออกซาลาเลท 10 g ในน้ำกลั่น ทำให้มีปริมาตร 100 mL

(3) สารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ (NH_4OH) , 50 %
ตวงแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 50 mL เติมน้ำกลั่น ทำให้มีปริมาตร 100 mL

(4) สารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์ (NH_4Cl) , 1 N
ละลายแอมโมเนียมคลอไรด์ (NH_4Cl) 53.5020 g ในน้ำกลั่น ทำให้มีปริมาตร 1 L ปรับ pH ให้ได้ pH 7 ด้วยแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์

(5) สารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์ (NH_4Cl) , 0.25 N
ละลายแอมโมเนียมคลอไรด์ (NH_4Cl) 13.3755 g ในน้ำกลั่น ทำให้มีปริมาตร 1 L ปรับ pH ให้ได้ pH 7 ด้วยแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์

(6) สารละลายซิลเวอร์ไนเตรท (AgNO_3) , 0.1 N
ละลายซิลเวอร์ไนเตรท 16.9910 g ในน้ำกลั่น ทำให้มีปริมาตร 1 L

(7) เอธิลแอลกอฮอล์ 95 %

(8) สารละลายโซเดียมคลอไรด์ (Acidified, NaCl 10%)
ละลายโซเดียมคลอไรด์ 2,000 g ในน้ำกลั่น เติมน้ำไฮโดรคลอริกเข้มข้น 8.7 mL เพื่อให้สารละลายเป็นกรด แล้วทำให้มีปริมาตร 20 L ด้วยน้ำกลั่น

(9) สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) , 40 %
ละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 400 g ในน้ำกลั่น ทำให้มีปริมาตร 1 L



114 คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช ฯ

(10) สารละลายกรดบอริก (H_3BO_3), 3%

ละลายกรดบอริก (H_3BO_3) 30 g ในน้ำกลั่นทำให้มี ปริมาตร 1 L

(11) สารละลายกรดไฮโดรคลอริก (HCl) 0.1 N

ตวงกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 9 mL ลงในน้ำกลั่น ทำให้มีปริมาตร 1 L เทียบมาตรฐาน (Standardize) ไทเทรตกับ สารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ได้หาความเข้มข้นที่แน่นอน แล้ว จากการไทเทรตกับโพแทสเซียมไฮโดรเจนฟทาเลต (Potassium hydrogen phthalate; KHP) โดยใช้ฟีนอล์ฟทาลีน (phenolphthalein) เป็น อินดิเคเตอร์ (indicator) คำนวณความเข้มข้นมาตรฐานของสารละลาย กรดไฮโดรคลอริก

(12) อินดิเคเตอร์ผสม (mixed indicator)

ละลายโบรโมกรีนซอลกรีน 0.22 g และเมธิลเรด 0.075 g ในเอทิลแอลกอฮอล์ 95 % 96 mL เติมน้ำโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 N ลงไป 3.5 mL

ค. วิธีการ

(1) ชั่งตัวอย่างดิน 5-10 g ใส่ในขวดชมพูขนาด 125 mL เติมสารละลายแอมโมเนียมอะซิเตท 1 N ลงไป ประมาณ 60 mL ปิดจุก เขย่าให้เข้ากัน ทิ้งค้างคืน

(2) กรองด้วยระบบสุญญากาศ

(3) ชะล้างตัวอย่างดินด้วยสารละลายแอมโมเนียมอะซิเตท 1 N จนกระทั่งไม่มีแคลเซียม (Ca) เหลืออยู่ (ทดสอบได้โดยนำ สารละลายส่วนที่ล้างดินแล้วมา 10 mL ใส่ในหลอดทดลองหยด แอมโมเนียมคลอไรด์ 1 N 2-3 หยด แอมโมเนียมออกซาลาเลท 10 % และ



แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ 50% ไปทำให้เดือด ถ้ามีแคลเซียมเหลืออยู่จะเกิดตะกอนหรือสารละลายจะขุ่น)

(4) สารละลายดินที่ได้จากการสกัดด้วยสารละลายแอมโมเนียมอะซิเตท 1 N ใส่ในขวดวัดปริมาตร 100 mL ทำให้มีปริมาตร 100 mL ด้วยน้ำกลั่น นำสารละลายที่ได้ไปวัดปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียม ด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 422 และ 285 nm และวัดปริมาณโพแทสเซียมและโซเดียม ด้วย Flame photometer ที่ความยาวคลื่น 383 และ 295 nm

(5) ชะละลายตัวอย่างดินต่อ ด้วยสารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์ 1 N 4 ครั้ง และล้างด้วยสารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์ 0.25 N อีก 1 ครั้ง จากนั้นล้างด้วยเอทิลแอลกอฮอล์ 95 % ประมาณ 150-200 mL จนไม่มีคลอไรด์เหลืออยู่ (ทดสอบโดยใช้สารละลาย ซิลเวอร์ไนเตรท (AgNO_3 0.1 N)

(6) สำหรับสารละลายดินที่ได้จากข้อ (5) ทิ้งไป และล้างตัวอย่างดินต่อด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์ (acidified NaCl) 10% เพื่อให้ Na^+ ไล่ที่หรือแทนที่ NH_4^+ ในดินจนได้สารละลายดินประมาณ 225 mL

(7) เทสารละลายดินที่กรองได้ใส่ในขวดกลั่น (Kjeldahl flask) เติม Pumice stone ลงไปเล็กน้อย

(8) นำสารละลายดินที่ได้ไปกลั่นเพื่อไล่ NH_4^+ ออกมาโดยเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 40% ลงไป 25 mL เพื่อให้สารละลายเป็นด่าง แอมโมเนียที่กลั่นได้จะถูกจับไว้ด้วยสารละลายกรรบอริก 3% 50 mL



116 คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช ฯ

(9) นำสารละลายที่ได้จากการกลั่น หยอดอินดิเคเตอร์ ผสม 5 หยด ทำให้เห็นสีของสารละลายเปลี่ยนจากสีม่วงเป็นสีเขียว แล้วไทเทรตกับกรดไฮโดรคลอริกมาตรฐาน 0.1 N จนสีของสารละลายเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีม่วงที่จุดยุติ

(10) ทำ blank กลั่นและไทเทรตเช่นเดียวกับตัวอย่างดิน
ง. การคำนวณ CEC

$$CEC = \frac{(A-B) N \times 100}{W} \text{ มิลลิกรัมสมมูลต่อดิน 100 กรัม หรือ } \text{cmol kg}^{-1}$$

เมื่อ

- A = ปริมาตรของกรดไฮโดรคลอริกมาตรฐานที่ใช้ ไทเทรต
กับตัวอย่างดิน (mL)
- B = ปริมาตรของกรดไฮโดรคลอริกมาตรฐานที่ใช้ ไทเทรต
กับ blank (mL)
- N = ความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริกมาตรฐาน (นอร์มอล)
- W = น้ำหนักเป็นกรัมของตัวอย่างดิน

2. วิธีวิเคราะห์แคตไอออนที่แลกเปลี่ยนได้ (Exch. Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, Na⁺, K⁺)

- ก. อุปกรณ์ และเครื่องมือ
- (1) หลอดแก้ว (Test tube)
 - (2) เครื่องเจือจางสารละลาย (Dilutor)
 - (3) Atomic Absorption Spectrophotometer
 - (4) Flame photometer



ข. สารเคมี สารละลายและวิธีเตรียม

(1) สารละลายสตรอนเทียมคลอไรด์ (SrCl_2) 1,500 mg L^{-1}
ละลายสตรอนเทียมคลอไรด์ (Strontium chloride) 4.6 g
ในน้ำกลั่น 1 L

(2) สารละลายมาตรฐานแคลเซียม 1000 mg L^{-1}
ละลายแคลเซียมคาร์บอเนต 1.2488 g ที่อบแห้งที่อุณหภูมิ
 $105 \pm 5^\circ\text{C}$ ในกรวดไฮโดรคลอริกเข้มข้นจนหมด ทำให้มีปริมาตร 500 mL
ด้วยน้ำกลั่น

(3) สารละลายมาตรฐานแคลเซียม 100 mg L^{-1} ปิเปตต์
สารละลายข้อ (2) 25 mL ปรับปริมาตรเป็น 100 mL ด้วยน้ำกลั่น

(4) Standard set ของแคลเซียมสารละลายข้อ (3) ให้มีความ
เข้มข้น 2, 4, 6, 8, 10 mg L^{-1} ด้วยสารละลาย SrCl_2 ทำกราฟมาตรฐาน
ของแคลเซียม ต้องทำทุกครั้งทีวิเคราะห์

(5) สารละลายแมกนีเซียมมาตรฐาน 1,000 mg L^{-1} ละลาย
แมกนีเซียมออกไซด์ 0.8289 g ที่อบแห้งที่อุณหภูมิ $100 \pm 5^\circ\text{C}$ ในกรวด
ไฮโดรคลอริกเข้มข้นจนหมด ทำให้มีปริมาตร 500 mL ด้วยน้ำกลั่น

(6) สารละลายมาตรฐานแมกนีเซียม 100 mg L^{-1} ปิเปตต์
สารละลายข้อ (5) 10 mL ปรับปริมาตรเป็น 100 mL ด้วยน้ำกลั่น

(7) Standard set ของแมกนีเซียม สารละลายข้อ (6) ให้มี
ความเข้มข้น 1, 2, 3, 4, 5 mg L^{-1} ด้วยสารละลาย SrCl_2 ทำกราฟ
มาตรฐานของแมกนีเซียม ต้องทำทุกครั้งทีวิเคราะห์

(8) สารละลายโซเดียมมาตรฐาน 1000 mg L^{-1} ละลาย
โซเดียมคลอไรด์ (NaCl) 2.542 g ที่อบแห้งที่อุณหภูมิ $105 \pm 5^\circ\text{C}$ ใน
น้ำกลั่น ทำให้มีปริมาตร 500 mL ด้วยน้ำกลั่น



118 คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช ฯ

(9) สารละลายโซเดียมมาตรฐาน 100 mg L^{-1} ปิเปตต์ สารละลายข้อ (8) 10 mL ปรับปริมาตรเป็น 100 mL ด้วยน้ำกลั่น

(10) ทำกราฟมาตรฐานของโซเดียม ให้มีความเข้มข้น 0, 4 และ 8 mg L^{-1} ด้วยน้ำกลั่น

(11) สารละลายโพแทสเซียมมาตรฐาน 1000 mg L^{-1} ต่อ ลิตร ละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) 1.907 g ที่อบแห้งที่อุณหภูมิ $105 \pm 5^\circ \text{C}$ ในน้ำกลั่น ทำให้มีปริมาตร 1 L ด้วยน้ำกลั่น

(12) สารละลายโพแทสเซียมมาตรฐาน 100 mg L^{-1} ปิเปตต์ สารละลายข้อ (11) 10 mg L^{-1} ปรับปริมาตรเป็น 100 mL^{-1} ด้วยน้ำกลั่น

(13) ทำกราฟมาตรฐานของโพแทสเซียม ให้มีความเข้มข้น 0, 5 และ 10 mg L^{-1}

ค. วิธีการ

(1) วิธีวิเคราะห์ปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exch. Ca^{++} และ Mg^{++})

นำสารละลายดินที่สกัดได้จากข้อ 1.1ค.(4) หรือ 1.2ค.(4) หรือ 1.3 ค.(7) วัดปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exch. Ca^{++} และ Mg^{++}) โดย Atomic Absorption Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 422 และ 285 nm

(2) วิธีวิเคราะห์ปริมาณโซเดียมและโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exch. Na^+ และ K^+)

นำสารละลายดินที่สกัดได้ข้อ 1.1ค.(4) หรือ 1.2ค.(4) หรือ 1.3 ค.(7) วัดปริมาณโซเดียมและโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exch. Na^+ และ K^+) โดย Flame photometer ที่ความยาวคลื่น 383 และ 295 nm ค่าที่อ่านได้นำมาเทียบกับกราฟมาตรฐานของโซเดียมและโพแทสเซียม



ง. การคำนวณ

(1) วิธีคำนวณปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมที่
แลกเปลี่ยนได้

สารละลายตัวอย่าง 1000 mL มีความเข้มข้น = R mg

สารละลายตัวอย่าง C mL มีความเข้มข้น = $\frac{R \times C}{1000}$ mg

ตั้งนั้นตัวอย่างดินที่ใช้ A g มีความเข้มข้น = $\frac{R \times C}{1000}$ mg

ถ้าตัวอย่างดินที่ใช้ 100 g มีความเข้มข้น = $\frac{R \times C \times 100}{1000 \times A}$ mg

= $\frac{R \times C}{10 A}$ mg

สารละลายตัวอย่างเจือจางเป็น df เท่า = $\frac{R \times C \times df}{10 A}$ mg

= $\frac{R \times C \times df}{10 A \text{ eq.wt. Ca หรือ Mg}}$ มิลลิกรัมสมมูลต่อดิน 100 กรัม

เมื่อ

A = น้ำหนักของตัวอย่างดิน (g)

df = จำนวนเท่าของการเจือจางสารละลาย

C = ปริมาตรสุดท้ายของสารละลายตัวอย่าง (mL)

R = ปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมที่อ่านได้จากเครื่อง

AAS มีหน่วยเป็น mg L^{-1}



120 คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช ฯ

หมายเหตุ

$$\text{eq.wt ของ Ca} = \frac{\text{น้ำหนักโมเลกุลของ Ca}}{2}$$

$$\text{eq.wt ของ Mg} = \frac{\text{น้ำหนักโมเลกุลของ Mg}}{2}$$

(2) วิธีคำนวณปริมาณโซเดียมและโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้

สารละลายตัวอย่าง 1000 mL

อ่านปริมาณ Na^+ , K^+ ได้ = R มิลลิกรัมสมมูล

สารละลายตัวอย่าง C mL

อ่านปริมาณ Na^+ , K^+ ได้ = $\frac{R \times C}{1000}$ มิลลิกรัมสมมูล

ตั้งนั้นตัวอย่างดินที่ใช้ A g

อ่านปริมาณ Na^+ , K^+ ได้ = $\frac{R \times C}{1000}$ มิลลิกรัมสมมูล

ถ้าตัวอย่างดินที่ใช้ 100 g

จะมีปริมาณ Na^+ , K^+ = $\frac{R \times C \times 100}{1000 A}$ มิลลิกรัมสมมูล

สารละลายตัวอย่างเจือจางเป็น df เท่า = $\frac{R \times C \times df}{10 A}$ มิลลิกรัมสมมูล

ตั้งนั้นปริมาณ Na^+ , K^+

จากตัวอย่าง = $\frac{R \times C \times df}{10 A}$ มิลลิกรัมสมมูลต่อดิน 100 กรัม



คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช ฯ 121

- เมื่อ
- A = น้ำหนักของตัวอย่างดิน (g)
 - df = จำนวนเท่าของการเจือจางสารละลาย
 - C = ปริมาตรสุดท้ายของสารละลายตัวอย่าง (mL)
 - R = ปริมาณโซเดียมและโพแทสเซียมที่อ่านได้จากเครื่อง Flame photometer มีหน่วยเป็น mg L^{-1}

3. คำนวณอัตราร้อยละของความอิ่มตัวด้วยประจุบวกต่าง (% Base Saturation ; BS)

การคำนวณ

ร้อยละของความอิ่มตัวด้วยประจุบวกต่าง

$$= \frac{\text{ผลรวมของประจุธาตุจำพวกต่าง} \times 100}{\text{ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน}}$$

$$\% \text{ Base saturation} = \frac{\sum \text{Exch. cation} \times 100}{\text{CEC}}$$

เมื่อ

$$\sum \text{Exch. Cation} = \text{ผลรวมของ Exch. Ca}^{++} + \text{Exch. Mg}^{++} + \text{Exch. Na}^+ + \text{Exch. K}^+$$

CEC = ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (โดย NH_4OAc , pH 7.0 cmol kg^{-1})

หรือ = ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (โดย NaOAc , pH 8.2 cmol kg^{-1})



122 คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช ฯ

4. จำนวนค่าร้อยละของโซเดียมแลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Sodium Percentage; ESP)

การคำนวณ

$$ESP = \frac{\text{Exch. Na} \times 100}{CEC}$$

เมื่อ

ESP = ร้อยละของโซเดียมแลกเปลี่ยนได้

Exch. Na = โซเดียมแลกเปลี่ยนได้ (โดย NH_4OAc , $cmol\ kg^{-1}$)

CEC = ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (โดย NH_4OAc , $cmol\ kg^{-1}$)

ระดับความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (Cation exchange Capacity)

ระดับ	CEC ($cmol\ kg^{-1}$)
ต่ำมาก	< 3.0
ต่ำ	3.0-5.0
ค่อนข้างต่ำ	5.0-10.0
ปานกลาง	10.0-15.0
ค่อนข้างสูง	15.0-20.0
สูง	20.0-30.0
สูงมาก	>30.0



คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช ฯ 123

ระดับธาตุประจุบวกต่างๆ ที่สกัดได้ในดิน (วิธีวิเคราะห์ความจุ
แลกเปลี่ยนไอออนบวก NH_4OAc 1 N pH 7 อัตราส่วน 1: 20)

ระดับ	Ca^{2+} cmol/kg	Mg^{2+} cmol/kg	K^+ cmol/kg	Na^+ cmol/kg
ต่ำมาก	< 2.0	< 0.3	< 0.08	< 0.1
ต่ำ	2.0-5.0	0.3-1.0	0.08-0.15	0.1-0.3
ปานกลาง	5.0-10.0	1.0-3.0	0.15-0.23	0.3-0.7
สูง	10.0-20.0	3.0-8.0	0.23-0.31	0.7-2.0
สูงมาก	> 20.0	> 8.0	> 0.31	> 2.0



เอกสารอ้างอิง

ภิญโญ เทียมรัตน์, พจนีย์ มอญเจริญ และละเอียด สินธุเสน 2542. การเปลี่ยนแปลงเทคนิควิธีวิเคราะห์ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดินเค็มและดินต่างโดยโซเดียมอะซิเตท. เอกสารวิจัยกลุ่มเคมีดินที่ 2, สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน, กรมพัฒนาที่ดิน 49 น.

Bower, C.A., R.F. Reitemeier, and M. Fireman. 1952. Exchangeable cation analysis of Saline and alkali soils. Soil, Sci. 73:251-261.

Chapman, H.D. 1965. Cation Exchange Capacity by Ammonium Saturation Method. Methods of Soil Analysis, Part 2. Amer. Soc. of Agro., Inc. Madison, Wis. USA. 57:891-899.

Shaw, W.M. 1939. Report on the ammonium chloride-distillation procedure for the determination of exchangeable bases in soils. J. Assoc. Offic. Agr. Chemists 22:242-248.



วิธีวิเคราะห์ธาตุต่างๆ ในดิน

1. วิธีวิเคราะห์ธาตุอาหารหลักในดิน

ธาตุอาหารหลัก คือธาตุอาหารที่พืชต้องการในปริมาณมาก แต่มีไม่ค่อยเพียงพอในดิน ต้องเพิ่มให้ในรูปของปุ๋ย ได้แก่ ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และ โพแทสเซียม (K)

1.1 ไนโตรเจน (Nitrogen ; N)

การวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดิน และตัวอย่างที่มีไนโตรเจนในรูปต่างๆ หลายรูปเป็นองค์ประกอบอาจลำบาก โดยเฉพาะในดิน ที่ไม่ทราบรูปของไนโตรเจน และมีปริมาณน้อย ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินส่วนใหญ่มีปริมาณ < 0.02% (Bremner, 1965) ค่าปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดสามารถนำไปใช้หาอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนและไนโตรเจน (C:N Ratio) ในดินได้ ซึ่งปกติอยู่ระหว่าง 10 ถึง 12 C:N ratio อาจเป็นตัวชี้วัดปริมาณอินทรีย์ไนโตรเจนในดินดินที่ไม่มีคาร์บอนจะมี C:N ratio มากกว่าดินที่มีคาร์บอน

รูปของไนโตรเจนที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ส่วนใหญ่คือ NH_4^+ ซึ่งเกิดมาจากกระบวนการแอมโมนิฟิเคชัน (ammonification) และ NO_3^- ที่เกิดมาจากกระบวนการไนตริฟิเคชัน (nitrification) ในดิน แต่ปริมาณและรูปของไนโตรเจน ทั้ง NH_4^+ และ NO_3^- ที่อยู่ในดินไม่แน่นอนมีการเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ ปริมาณของทั้งสองรูปเพิ่มขึ้นและลดลงโดยการสูญหายจากดินได้ง่าย ดังนั้นจึงไม่มีความจำเป็นที่จะวิเคราะห์ เพราะไม่สามารถบอกปริมาณที่แน่นอนและเพียงพอของธาตุไนโตรเจนตลอดฤดูปลูก หรือฤดูเก็บเกี่ยวไม่ผลได้ จะวิเคราะห์ต่อเมื่อจะใช้ค่านั้นสำหรับงานวิจัยที่จำเป็นต้องประเมินในขณะนั้นเท่านั้น



126 คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช ฯ

ไนโตรเจนในดินที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ส่วนใหญ่แล้ว จะถูกปลดปล่อยออกมาจากอินทรีย์วัตถุโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ดิน ดังนั้น การประเมินปริมาณไนโตรเจนทางอ้อมคือ คำนวณจากปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน ซึ่งโดยทั่วไปอินทรีย์วัตถุในดิน จะมีไนโตรเจน 5% ดังนี้

$$\text{ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดิน (\%)} = \text{ปริมาณอินทรีย์วัตถุ} \times 0.05$$

1.1.1 วิเคราะห์ไนโตรเจนทั้งหมดในดิน (Total Nitrogen ; N) (Bremner, 1965)

วิธีวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินโดยวิธี Kjeldahl แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน ดังนี้ คือ

1. การย่อยสลาย (Digestion) เพื่อเปลี่ยนรูปของไนโตรเจนในดิน ไปอยู่ในรูปของแอมโมเนียในไนโตรเจน โดยการใส่กรดกำมะถัน H_2SO_4 และ K_2SO_4 และสารตัวเร่ง (catalysts) เช่น Hg, Cu หรือ Se เพื่อช่วยให้ปฏิกิริยา oxidation ที่เกิดขึ้นเป็นไปอย่างสมบูรณ์

2. การกลั่นและไทเทรต เพื่อหาปริมาณแอมโมเนียที่เกิดจากการย่อยสลาย โดยใส่ด่างในปริมาณที่มากเกินไปพอลงไป จะได้แอมโมเนียเกิดขึ้นจากปฏิกิริยาของรับแอมโมเนียที่เกิดขึ้นด้วย H_3BO_3 ที่มากเกินไปพอ นำสารละลายที่กลั่นออกได้ไปหาปริมาณแอมโมเนียโดยการไทเทรตกับกรดมาตรฐาน

ก. อุปกรณ์ และ เครื่องมือ

- (1) micro-kjeldahl tube ขนาด 100 mL
- (2) เครื่องกลั่นไนโตรเจน
- (3) เตาย่อย (Digestion system)
- (4) ขวดชมพู่ (Erlenmeyer flask) 250 mL
- (5) burette ชนิด 2 ตำแหน่ง ขนาด 10 mL



คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช 1 127

(6) pipette ขนาด 15, 25 mL

ข. สารเคมี สารละลายและวิธีเตรียม

- (1) กรดซัลฟิวริกเข้มข้น (conc. H_2SO_4)
- (2) โซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 40 เปอร์เซ็นต์ (NaOH solution)
- (3) สารเร่งสำเร็จรูปอัดเม็ด (kjeltabs)
- (4) กรดบอริก 4 เปอร์เซ็นต์ (Boric acid solution)
- (5) อินดิเคเตอร์ (mixed indicator)

ละลาย 0.3 g ของโบรโมครีซอลกรีน (Bromocresol green) และ 0.2 g เมทิลเรด (Methyl red) ใน 400 mL ของเอทิลแอลกอฮอล์ 90 เปอร์เซ็นต์ สีของอินดิเคเตอร์จะเปลี่ยนเป็นสีแดงในสภาพของสารละลายกรด และจะเป็นสีเขียวในสภาพสารละลายด่าง

(6) สารละลายกรดไฮโดรคลอริกมาตรฐาน (0.1 N HCl)

ตวงกรดไฮโดรคลอริกมาตรฐาน (HCl) 9 mL ลงในน้ำกลั่น ปริมาตรเป็น 1 L ด้วยน้ำกลั่น หาความเข้มข้นที่แน่นอนของกรดไฮโดรคลอริกมาตรฐาน (HCl) โดยเทียบมาตรฐาน (Standardize) ไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ได้หาความเข้มข้นที่แน่นอนแล้ว จากการไทเทรตกับโพแทสเซียมไฮโดรเจนฟทาเลต (Potassium hydrogen phthalate; KHP) โดยใช้ฟีนอล์ฟทาเลอิน (phenolphthalein) เป็นอินดิเคเตอร์ (indicator)

ค. วิธีการ

- (1) ชั่งดิน 0.5-2 g ใส่ลงใน micro-kjeldahl tube
- (2) เติมสารเร่งสำเร็จรูปอัดเม็ด kjeltab 2 เม็ด และเติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 15 mL
- (3) นำไปย่อยด้วยเตาย่อย (Digestion System) จนได้สารละลายสีขุ่น



128 คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช ฯ

(4) นำตัวอย่างในข้อ (3) มาเข้าเครื่องกลั่น Kjeltac System กำหนดให้เติมน้ำกลั่น 50 mL และ NaOH 40% 25 mL กลั่นประมาณ 4 นาที

(5) เติมกรดบอริก 4% 25 mL ลงในขวดชมพู ขนาด 250 mL หยด mixed indicator ประมาณ 6-7 หยด สารละลายจะมีสีม่วงแดง นำไปรองรับการกลั่นจากข้อ (4) สารละลายนี้จะเปลี่ยนจากสีม่วงแดง เป็นสีเขียว และรองรับจนได้สารละลายในขวดชมพู ประมาณ 150 mL

(6) ไทเทรตสารละลายที่ได้จากการกลั่นในข้อ (5) กับกรดไฮโดรคลอริกมาตรฐาน (HCl) 0.1 N จนสีของสารละลายเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีม่วงแดง

(7) กลั่น blank และไทเทรต เช่นเดียวกับตัวอย่างดินอย่างน้อย 2 ตัวอย่าง

ง. การคำนวณ

สมมติ ความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริกมาตรฐาน

$$= X \quad \text{นอร์มอล}$$

ปริมาตรกรดไฮโดรคลอริกมาตรฐานที่ใช้กับ blank

$$= B \quad \text{mL}$$

จำนวนปริมาตรกรดไฮโดรคลอริกมาตรฐานที่ใช้

$$= Y-B \quad \text{mL}$$

ดิน A g มีปริมาณไนโตรเจน

$$= X(Y-B) \quad \text{มิลลิกรัมสมมูล}$$

ดิน 100 g มีปริมาณไนโตรเจน

$$= \frac{X(Y-B) \times 100 \times 0.014}{A} \quad \text{g}$$

$$= \frac{1.4 \times X (Y-B)}{A} \quad \text{เปอร์เซ็นต์}$$



1.1.2 วิเคราะห์ไนโตรเจนรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช Ammonium - N และ Nitrate - N โดยวิธี Steam Distillation (Bremner, 1965)

ก. อุปกรณ์ และ เครื่องมือ

- (1) หลอดแก้ว (distillation tube) ขนาด 250 mL
- (2) เครื่องกลั่น Kjeltec system
- (3) ขวดชมพู่ (Erlenmeyer flask) ขนาด 125 และ 250 mL
- (4) ขวดปริมาตร (Volumetric flask) ขนาด 100 mL
- (5) burette ชนิด 2 ตำแหน่ง ขนาด 10 mL
- (6) pipette ขนาด 15, 25 mL
- (7) กระจกทรง เบอร์ 5 ขนาด 12.50 cm

ข. สารเคมี สารละลายและวิธีเตรียม

- (1) โพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) เข้มข้น 2 นอร์มอล
ละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) 149.00 g ในน้ำกลั่น แล้วปรับให้มีปริมาตร เป็น 1 L
- (2) แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) เข้มข้น 12 เปอร์เซ็นต์
ละลายแมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) 12.00 g ในน้ำกลั่น ปรับให้มีปริมาตร ขนาด 100 mL เขย่าให้เข้ากัน
- (3) เดวาดา แอลลอย (Devarda alloy)
สารเดวาดา แอลลอย (Devearda alloy) ชนิดละเอียด ซึ่งสามารถร่อนผ่านตะแกรงลวด ขนาด 300 mesh ได้อย่างน้อย 75%
- (4) อินดิเคเตอร์ผสม (Mixed indicator)
ซึ่งสารละลาย 0.330 g bromocresol green และ 0.165 g methyl red ใน ethanol จำนวน 500 mL



130 คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช ฯ

(5) บอริกแอซิด อินดิเคเตอร์ (Boric acid indicator solution)

ละลายกรดบอริก (H_3BO_3) จำนวน 40 g ในน้ำร้อน 700 mL เมื่อสารละลายเย็น จึงถ่ายลงใน volumetric flask ขนาด 1 L ซึ่งบรรจุ 200 mL ของ ethanol และ 20 mL ของ mixed indicator หลังจากนั้น เขย่าให้สารละลายในขวดชมพูให้เข้ากัน ค่อย ๆ เติม 0.05 N NaOH ลง ไปจนกระทั่งพบว่า เมื่อนำสารละลายนี้ 1 mL มาผสมน้ำ 1 mL สารละลาย จะเปลี่ยนจากสีชมพูปนม่วงเป็นสีเขียว ปรับปริมาตรของสารละลาย ด้วยน้ำกลั่นจนได้ 1 L เขย่าสารละลายในขวดชมพูให้เข้ากัน

(6) สารละลายกรดไฮโดรคลอริกมาตรฐาน 0.05 N HCl

ค. วิธีการ

(1) ชั่งดิน 10 g ใส่ในขวดชมพู (erlenmeyer flask) ขนาด 125 mL

(2) เติม 2 N KCl 50 mL แล้วนำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่า 1 ชั่วโมง กรอง

(3) ปิเปตต์สารละลายที่สกัดได้ 20 mL ใส่ลงใน distillation tube

(4) เติม 12 % MgO 5 mL

(5) ทำการกลั่นโดยเก็บ NH_3 ที่กลั่นได้ในขวดชมพู ที่มี สารละลาย boric acid ผสม indicator บรรจุอยู่จำนวน 5 mL กลั่นจนได้ สารละลาย ในขวดชมพูมีปริมาตร 30 mL จึงหยุดกลั่น เก็บสารละลาย ที่กลั่นได้นี้ไว้หาปริมาณ $NH_4^+ - N$

(6) เติมเดวาดา แอลลอย (Devarda alloy) 0.2 g ลงใน distillation tube

(7) ทำการกลั่นต่อไปโดยเก็บ NH_3 ที่กลั่นได้ในขวดชมพู ที่มี สารละลาย boric acid ผสม indicator 5 mL บรรจุอยู่ กลั่นจนได้ สารละลายมีปริมาตรประมาณ 30 mL



คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช ๑ 131

(8) ไทเทรต สารละลายที่กลั่นได้ทั้งสองครั้งด้วย 0.05 N HCl สารละลายที่กลั่นได้ครั้งแรก คือ แอมโมเนียม-ไนโตรเจน ($\text{NH}_4^+ - \text{N}$) ส่วน ครั้งหลังซึ่งเติมเดวาดา แอลลอย (Devarda alloy) คือ ไนเตรท - ไนโตรเจน ($\text{NO}_3^- - \text{N}$)

(9) ทำ blank โดยใช้ 2 N KCl ดำเนินการเช่นเดียวกับ ตัวอย่างดิน

ง. การคำนวณ

$$\text{NH}_4^+ - \text{N} \text{ หรือ } \text{NO}_3^- - \text{N} = \frac{\text{N(A-B)} \times \text{D} \times 0.014 \times 10^6}{\text{C} \times \text{E}} \text{ mg kg}^{-1}$$

เมื่อ

ความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริกมาตรฐาน	N	นอร์มอล
ปริมาณของสารละลายที่ทำปฏิกิริยาพอดีกับ HCl	A	mL
ปริมาณของ Blank ที่ทำปฏิกิริยาพอดีกับ HCl	B	mL
ปริมาณของสารละลายที่ดูดจากสารละลายที่สกัดได้	C	mL
ปริมาณของสารละลายที่สกัดได้	D	mL
น้ำหนักของตัวอย่างดิน	E	g

1.2 ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (Available Phosphorus ; avail. P)

ฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารพืชธาตุหนึ่งที่พืชต้องการเป็นปริมาณมาก และจะมีอยู่ในดินต่ำมากโดยมีค่าเฉลี่ยเพียง 0.06 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับไนโตรเจนที่มี 0.14 และโพแทสเซียม 0.83 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดินอยู่ในรูปอนุโมลฟอสเฟต คือ H_2PO_4^- และ HPO_4^{2-} ซึ่งได้จากกระบวนการแปรสภาพของอินทรีย์วัตถุ และจากการละลายของสารประกอบฟอสเฟตต่างๆ ในดิน ออกมาอยู่ในสารละลายดิน (soil solution) ซึ่งอยู่ในสภาพสมดุลกัน เมื่อพืชดูดดึงฟอสเฟตในสารละลาย



132 คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช ฯ

ดินไปใช้จะทำให้ปริมาณในส่วนนี้ลดลง ฟอสเฟตในส่วนของแข็งในดินจะถูกปลดปล่อยออกมาเพื่อชดเชย ซึ่งอัตราการสลายตัวของฟอสเฟตออกมาอยู่สารละลายดินจะช้า หรือเร็วขึ้นอยู่กับชนิดของสารประกอบฟอสเฟตในดิน

วิธีวิเคราะห์ทางเคมีเพื่อทราบปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน นิยมใช้สารละลายชนิดต่างๆ ทั้งที่เป็นต่างและเป็นกรด ทั้งนี้ขึ้นกับการศึกษาวิจัยกันมาแล้วว่า สารละลายชนิดใดเมื่อสกัดปริมาณฟอสฟอรัสในดินแล้วมีความสัมพันธ์มากที่สุดกับฟอสฟอรัสที่พืชสามารถดึงดูไปใช้ หรือกับผลผลิตของพืช สารละลายที่ใช้สกัดดินในห้องปฏิบัติการนี้ใช้วิธีของ Bray II ซึ่งประกอบด้วย 0.1 N HCl และ 0.03 N NH_4F ซึ่งความเป็นกรดของสารละลายนี้ จะช่วยละลายฟอสเฟตบางส่วนของแข็งในดินออกมา และ F^- ในสารละลายสกัดจะช่วยแทนที่ฟอสเฟตไอออนที่ถูกดูดยึดอยู่ที่ผิวของ soil colloid ให้ออกมาอยู่ในรูปที่ละลาย ซึ่งอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช สามารถใช้ได้กับดินส่วนใหญ่ของประเทศ แต่สำหรับดิน calcareous หรือ alkaline หรือดินที่มีปฏิกิริยาเป็นกลาง ซึ่ง phosphate ส่วนใหญ่อยู่ในรูป Ca-phosphate แล้วควรใช้วิธีของ Olsen (1954)

1.2.1 วิธีสารละลายสกัด Bray II (Bray และ Kurt, 1945)

ก. อุปกรณ์ และเครื่องมือ

- (1) เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง
- (2) ขวดชมพู่ (Erlenmeyer flask) ขนาด 50 mL
- (3) หลอดแก้ว (test tube)
- (4) กระดาษกรอง เบอร์ 5 ขนาด 11 cm
- (5) ปิเปตต์ (pipette)
- (6) เครื่องเจือจางสารละลาย (Auto dilutor)



คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช ๑ 133

- (7) ขวดปริมาตร (Volumetric flask) ขนาด 50 mL และ 1 L
- (8) บีกเกอร์ขนาด 2 L
- (9) สารเคมีชนิดต่าง ๆ
- (10) เครื่อง Spectrophotometer

ข. สารเคมี สารละลายและวิธีเตรียม

(1) สารละลายสกัด Bray II (0.03 N NH_4F , 0.1 N HCl) (Bray และ Kurtz, 1945)

ละลายแอมโมเนียมฟลูออไรด์ (ammonium fluoride, NH_4F) 11.10 g ในน้ำกลั่น 8 L เติมกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น (conc. HCl) ลงไป 86 mL แล้วปรับให้มีปริมาตร 10 L ปรับ pH ให้อยู่ระหว่าง 1.5-1.6

(2) Stock solution (Reagent A : Sulfuric-molybdate-tartrate solution) (Reid และ Copeland, 1969; Hue และ Evans, 1978)

ละลายแอมโมเนียมโพลิบเดต (ammonium molybdate, $[(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}]$) 50 g ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 2 L เติมน้ำกลั่น 200 mL คนให้ละลาย ละลายแอนติโมนีโพแทสเซียมตาร์ทเรท (antimony potassium tartrate, $\text{KSbO}_3 \cdot \text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6$) 1.213 g ในน้ำกลั่น 50 mL (ถ้าไม่ละลายนำไปอุ่นแต่ต้องไม่เกิน 60 °C) เมื่อละลายเข้ากันดีแล้ว เทใส่ในบีกเกอร์ที่ใส่แอมโมเนียมโพลิบเดต คนให้เข้ากันอีกครั้ง ค่อย ๆ เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น (conc. H_2SO_4) 700 mL ทิ้งไว้ให้เย็น เทลงในขวด Volumetric flask ขนาด 1 L แล้วทำให้มีปริมาตร 1 L ด้วยน้ำกลั่น เทเก็บไว้ในขวด polyethylene หรือ ขวด pyrex สีนํ้าตาลและเก็บไว้ในที่มืดและเย็น สารละลายนี้ทิ้งไว้ได้นาน 6 เดือน

(3) สารละลาย develop สี (Working solution, Reagent B) (The Auburn University modified Murphy and Riley (1962) ; Watanabe and Olsen, (1965) และ Mehlich(1978))



134 คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย ฟืช ฯ

ละลาย ascorbic acid 1.76 g ในน้ำกลั่นประมาณ 1,600 mL เติมสารละลาย ข้อ (2) ลงไป 40 mL ทำให้มีปริมาตร 2 L ด้วยน้ำกลั่น ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นประมาณ 2 ชั่วโมง จึงนำมาใช้ สารละลายนี้เก็บได้ไม่เกิน 24 ชั่วโมง ดังนั้นจึงต้องเตรียมใหม่ทุกครั้ง

(4) สารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัส 50 mg L⁻¹

ละลายโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (Potassium dihydrogen phosphate, KH₂PO₄) ที่อบให้แห้งที่ 40 °C นาน 2 ชั่วโมง) 0.2195 g ในน้ำกลั่น ปรับสภาพให้เป็นกรดด้วยกรดซัลฟิวริก 1-2 หยด แล้ว ทำให้มีปริมาตร 1 L

(5) นำสารละลายมาตรฐาน ข้อ (4) มาทำ standard set ให้มีความเข้มข้น 0, 2, 4, 6, 8, 10 และ 15 mg L⁻¹ ด้วยสารละลายสกัด

ค. วิธีการ

(1) ชั่งตัวอย่างดิน 1.0 g ใส่ในขวดชมพู่ (Erlenmeyer flask) ขนาด 50 mL

(2) เติมสารละลายสกัด Bray II 10 mL เขย่า 1 นาที กรองด้วยกระดาษกรอง No.5 ขนาด 11.0 cm

(3) ปิเปตต์สารละลายที่สกัดได้ในข้อ (2) อัตราส่วน 1 ส่วน ต่อ working solution 16 ส่วน (เท่ากับ 17 เท่า โดยใช้ Auto-dilutor) ลงในหลอดแก้ว ทิ้งไว้ครึ่งชั่วโมง นำไปอ่านค่าความเข้มข้น (concentration) ด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 882 nm

(4) ทำ blank และชุดของสารละลายมาตรฐาน (standard set) เช่นเดียวกับข้อ (3)

ง. การคำนวณ

ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (P) = $\frac{B \times df \text{ (sample)} \times R}{A \times df \text{ (standard)}} \text{ mg kg}^{-1}$



เมื่อ

A = น้ำหนักของตัวอย่างดิน (g)

B = สารละลายสกัด (mL)

R = ค่าที่อ่านได้ เมื่อวัดค่าเทียบกับ standard set

df = อัตราส่วนการเจือจาง (dilution factor)

ดังนั้น ถ้าไม่มีการทำเจือจาง

$$\text{ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (P)} = \frac{B \times R}{A} \text{ mg kg}^{-1}$$

1.2.2 วิธีสารละลายสกัด Olsen (Olsen และคณะ, 1954)

ก. อุปกรณ์ และเครื่องมือ

เช่นเดียวกับข้อ 1.2.1 ก.

ข. สารเคมี สารละลายและวิธีเตรียม

(1) สารละลายสกัด Olsen (0.5 M NaHCO₃, pH 8.5)

ละลายโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต (NaHCO₃) 42.0 g ในน้ำกลั่น 980 mL ปรับ pH เป็น 8.5 โดยค่อย ๆ เติม 10 M NaOH (เตรียมโดยละลาย NaOH 40 g ในน้ำกลั่น 100 mL) แล้วปรับให้มีปริมาตร 1 L ไม่ควรเตรียมทิ้งไว้นาน

(2) Stock solution (Reagent A : Sulfuric-molybdate-tartrate solution) (Reid และ Copeland, 1969; Hue และ Evans, 1978)

ละลายแอมโมเนียมโมลิบเดต (ammonium molybdate, [(NH₄)₆Mo₇O₂₄ · 4H₂O]) 50 g ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 2 L เติมน้ำกลั่น 200 mL คนให้ละลาย ละลายแอนติโมนีโพแทสเซียมตาร์ทเรท (antimony potassium tartrate, KSbO₃ · C₄H₄O₆) 1.213 g ในน้ำกลั่น 50 mL (ถ้าไม่ละลายนำไปอุ่นแต่ต้องไม่เกิน 60 °C) เมื่อละลายเข้ากันดีแล้ว เทใส่ในบีกเกอร์ที่ใส่



136 คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช ฯ

แอมโมเนียมโมลิบเดต คนให้เข้ากันอีกครั้ง ค่อยๆเติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น (conc. H_2SO_4) 700 mL ทิ้งไว้ให้เย็น เทลงในขวด Volumetric flask ขนาด 1 L แล้วทำให้มีปริมาตร 1 L ด้วยน้ำกลั่น เทเก็บไว้ในขวด polyethylene หรือ ขวด pyrex สีน้ำตาลและเก็บไว้ในที่มืดและเย็น สารละลายนี้ทิ้งไว้ได้นาน 6 เดือน

(5). สารละลาย develop สี (Working solution, Reagent B) (The Auburn University modified Murphy and Riley (1962) ; Watanabe and Olsen, 1965 และ Mehlich, 1978)

ละลาย ascorbic acid 1.76 g ในน้ำกลั่นประมาณ 1,600 mL เติมสารละลาย Reagent A ข้อ (2) ลงไป 40 mL และสารละลายข้อ (4) ลงไป 200 mL ทำให้มีปริมาตร 2 L ด้วยน้ำกลั่น ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นประมาณ 2 ชั่วโมง จึงนำมาใช้ สารละลายนี้เก็บได้ไม่เกิน 24 ชั่วโมง ดังนั้นจึงต้องเตรียมใหม่ทุกครั้ง

(4) สารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัส 50 mg L^{-1}

ละลายโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (Potassium dihydrogen phosphate ; KH_2PO_4) ที่อบให้แห้งที่ $40^\circ C$ นาน 2 ชั่วโมง) 0.2195 g ในน้ำกลั่นพอสมควร ปรับสภาพให้เป็นกรดด้วยกรดซัลฟิวริก 1-2 หยด แล้วทำให้มีปริมาตร 1 L

(5) นำสารละลายมาตรฐานข้อ (6) ทำ standard set ให้มีความเข้มข้น 0, 2, 4, 6, 8, 10 และ 12 mg L^{-1} ด้วยสารละลายสกัด

ค. วิธีการ

(1) ชั่งตัวอย่างดิน 1.0 g ใส่ลงในขวดชมพู (Erlenmeyer flask) ขนาด 50 mL

(2) เติมสารละลายสกัด Olsen 20 mL เขย่า 30 นาที



คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช ๑ 137

กรองด้วยกระดาษกรอง No.5 ขนาด 12.5 cm

(3) ดูดสารละลายที่สกัดได้ในข้อ (2) อัตราส่วน 1 ส่วน ต่อ working solution 16 ส่วน (เท่ากับ 17 เท่า โดยใช้ Auto-dilutor) ลงใน หลอดแก้ว ทิ้งไว้ครึ่งชั่วโมง นำไปอ่านค่าความเข้มข้น (concentration) ด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 882 nm

(4) ทำ blank และชุดของสารละลายมาตรฐาน (standard set) เช่นเดียวกับข้อ (3)

ง. การคำนวณ

$$\text{ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (avail. P)} = \frac{B \times df \text{ (sample)} \times R}{A \times df \text{ (standard)}} \text{ mg kg}^{-1}$$

เมื่อ

A = น้ำหนักของตัวอย่างดิน (g)

B = สารละลายสกัด (mL)

R = ค่าที่อ่านได้ เมื่อวัดค่าเทียบกับ standard set

df = อัตราส่วนการเจือจาง (dilution factor)

ดังนั้น ถ้าไม่มีการทำเจือจาง

$$\text{ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (avail. P)} = \frac{B \times R}{A} \text{ mg kg}^{-1}$$

1.3 โปแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (Available Potassium; avail. K)

โปแทสเซียมเป็นธาตุอาหารที่พืชต้องการปริมาณมาก และจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช ในกิจกรรมสร้างและเคลื่อนย้ายน้ำตาล สิ่งเคราะห์แสงและการหายใจ ฯลฯ โปแทสเซียมในดินมีอยู่ด้วยกัน 3 รูปคือ Fixed K, Exchangeable K และ Soluble K รูปที่พืชสามารถนำไป



138 คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช ฯ

ใช้ได้ คือ Exchangeable K และ Soluble K สำหรับ Soluble K นั้น พีชสามารถดูดไปใช้ประโยชน์ได้ง่าย แต่เนื่องจากมีปริมาณน้อยมากจึงไม่ค่อยนำมาใช้ในการประเมินปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียมในดินในรูปต่างๆ จะสมดุลเสมอ กล่าวคือเมื่อรากพืชดูด Exchangeable K (readily available K) ไปใช้ประโยชน์อยู่เสมอจนมีระดับต่ำมาก โพแทสเซียมในดินที่ถูกตรึงไว้จะถูกปลดปล่อยออกมาอยู่ในรูป readily available ซึ่งการปลดปล่อยนี้จะเร็วหรือช้าขึ้นกับปัจจัยต่าง ๆ เช่น ชนิดของ soil colloid และความชื้นของดิน เป็นต้น

การวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดินนั้นมีสารละลายที่ใช้สกัดมากมายหลายชนิด แต่ที่นิยมใช้คือสารละลายแอมโมเนียมอะซิเตท (NH_4OAc) 1 N pH 7 (Jackson, 1958) โดยใช้ NH_4^+ แลกเปลี่ยนประจุ โพแทสเซียมให้ออกมาอยู่ในสารละลายมากกว่าการใช้กรดสกัด ซึ่งเป็นการสกัดที่รุนแรง อาจจะทำให้ Fixed K (slowly available K) ถูกปลดปล่อยออกมาด้วย ซึ่งจะทำให้ค่าโพแทสเซียมมีมากเกินไปโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ซึ่งอยู่ในรูปที่ละลายได้และแลกเปลี่ยนได้ดังกล่าวแล้ว

ก. อุปกรณ์ และเครื่องมือ

- (1) ขวดชมพู่ (erlenmeyer flask) ขนาด 50 mL
- (2) กระจกทรง เบอร์ 5
- (3) ปิเปตต์ (pipette)
- (4) dispenser ขนาด 25 mL
- (5) หลอดแก้ว (test tube)
- (6) เครื่องชั่ง
- (7) เครื่องเขย่า



(8) เครื่องเจือจางสารละลาย (Auto dilutor)

(9) เครื่อง Flame photometer

(10) เครื่องวัด pH

ข. สารเคมี สารละลายและวิธีเตรียม

(1) สารละลายแอมโมเนียมอะซิเตท (ammonium acetate solution) 1 N pH 7.0

ผสม 57 mL ของกรดน้ำส้ม (glacial acetic acid) และ 68 mL ของแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ (NH_4OH) ในน้ำกลั่น ให้มีปริมาตรเกือบ 1 L ปรับ pH ของสารละลายให้มีค่าเท่ากับ 7 ด้วยการใช้กรดอะซิติกหรือด่างแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ เป็นตัวปรับ จากนั้นเติมน้ำกลั่นให้เท่ากับ 1 L

(2) สารละลายโพแทสเซียมมาตรฐาน $1,000 \text{ mg L}^{-1}$

ละลาย 1.907 g ของโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) ที่อบแห้งที่อุณหภูมิ $105 \pm 5^\circ\text{C}$ ในน้ำกลั่นให้มีปริมาตร 1 L

(3) สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียม 100 mg L^{-1}

ปิเปตต์สารละลายข้อ (2) 10 mL ปรับปริมาตรเป็น 100 mL ด้วยน้ำกลั่น

(4) Standard set ของโพแทสเซียม

สารละลายข้อ (3) ให้มีความเข้มข้น 0, 5, 10, 15 และ 20 mg L^{-1} ด้วยสารละลายสกัด

(5) สร้างกราฟมาตรฐานเพื่อใช้ในการปรับเครื่องปัจจุบันส่วนวิจัยเคมีดิน ใช้ Standard 10 mg L^{-1} เป็นตัวปรับเครื่อง Flame photometer



140 คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช ฯ

ค. วิธีการ

- (1) ชั่งดิน 2.5 g ใส่ในขวดชมฟู่ขนาด 50 mL
- (2) เติมสารละลายสกัด ข้อ ข.(1) 25 mL
- (3) เขย่า 30 นาที ด้วยเครื่องเขย่า
- (4) กรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 5 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 12.50 cm
- (5) ใช้สารละลายมาตรฐานข้อ ข.(4) 10 mg L⁻¹ เป็นตัวปรับเครื่องที่ความยาวคลื่น 383 nm
- (6) การละลายที่กรองได้ ข้อ (2) วัดปริมาณโพแทสเซียม (K) โดยเครื่อง Flame photometer ถ้ามีความเข้มข้นมากต้องเจือจางด้วยสารละลายสกัด ข้อ ข.(2)

ง. การคำนวณ

$$\text{โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (avail.K)} = \frac{D \times df \times B}{A} \text{ mg kg}^{-1}$$

เมื่อ A = น้ำหนักของตัวอย่างดิน (g)

B = ปริมาตรของสารละลายแอมโมเนียอะซิเตทที่ใช้สกัด (mL)

df = อัตราส่วนการเจือจาง (Dilution factor) (เท่า)

D = ความเข้มข้นของโพแทสเซียมเมื่อเทียบกับความเข้มข้นมาตรฐาน (mg kg⁻¹)



2. วิธีวิเคราะห์ธาตุอาหารรองในดิน

ธาตุอาหารรองคือธาตุอาหารที่พืชต้องการในปริมาณมาก แต่น้อยกว่าธาตุหลัก ส่วนมากจะมีเพียงพอในดิน ได้แก่ แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) และ ซัลเฟอร์ (S)

2.1 แคลเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (Available Calcium; avail. Ca)

แคลเซียมเป็นธาตุอาหารรองธาตุหนึ่งซึ่งพืชต้องการปริมาณมาก แต่น้อยกว่าธาตุหลัก ปกติมีอยู่ในดินค่อนข้างมากเพียงพอกับความ ต้องการของพืชทั่วไป แคลเซียมมีบทบาทสำคัญต่อการเจริญเติบโต ของพืชคือ เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของผนังเซลล์ และจำเป็นต่อการ แบ่งเซลล์ แก่ฤทธิ์และต่อต้านของสารที่เป็นพิษ เช่น สารออกซิน การสร้าง โปรตีน ลดการดูดดึงโพแทสเซียม การเคลื่อนย้ายและการเก็บรักษา คาร์โบไฮเดรต และส่งเสริมการเกิดปมในรากแก้ว (คณาจารย์ภาควิชา ปฐพีวิทยา, 2541)

แคลเซียมในดินมีปริมาณแตกต่างกันไปขึ้นกับชนิดของดิน ดินที่มีปูนอยู่มาก (calcareous soil) จะมีปริมาณแคลเซียมมากกว่าดิน ชนิดอื่น ส่วนใหญ่จะมีมากกว่าร้อยละ 2.5 แต่สำหรับดินทั่วไป แล้วจะมี ปริมาณร้อยละ 0.5-2 สำหรับดินทรายจะมีปริมาณแคลเซียมน้อย มากคือน้อยกว่าร้อยละ 0.1 แคลเซียมในดินมีอยู่หลายรูปด้วยกัน รูปที่ เป็นประโยชน์ต่อพืชคือรูปที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Ca) และรูปที่ ละลายได้ (Soluble Ca) ซึ่งแคลเซียมในดินรูปต่างๆ จะอยู่ในสภาพ สมดุลแลกเปลี่ยนไปมาได้

การวิเคราะห์ปริมาณแคลเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (available Ca) คือการวิเคราะห์ปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้ เช่นเดียวกับการวิเคราะห์ ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ใช้สารละลายสกัดเดียวกัน คือ



142 คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช ฯ

แอมโมเนียมอะซิเตท โดยให้ NH_4^+ เข้าไปแลกเปลี่ยนแทนที่ Ca^{++} ที่ถูกยึดไว้ที่ผิวคอลลอยด์ดินออกมาในสารละลายดินแล้ววัดโดยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer

ก. อุปกรณ์ และเครื่องมือ

- (1) ขวดخمพู่ (erlenmeyer flask) ขนาด 50 mL
- (2) กระจกทรง เบอร์ 5 ขนาด 12.5 cm
- (3) dispenser ขนาด 25 mL
- (4) ปิเปตต์ (pipette)
- (5) หลอดแก้ว (test tube)
- (6) เครื่องชั่ง
- (7) เครื่องเขย่า
- (8) เครื่องเจือจางสารละลาย (Auto dilutor)
- (9) Atomic Absorption Spectrophotometer
- (10) เครื่องวัด pH

ข. สารเคมี สารละลายและวิธีเตรียม

(1) สารละลายแอมโมเนียมอะซิเตท (ammonium acetate solution) 1 N pH 7.0

ผสม 57 mL ของกรดน้ำส้ม (glacial acetic acid) และ 68 mL ของแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ ในน้ำกลั่นให้มีปริมาตรเกือบ 1 L แล้วปรับ pH ให้สารละลายมี pH 7 แล้วปรับให้เป็น 1 L

(2) สารละลายสตรอนเชียมคลอไรด์ (strontium chloride solution) $1,500 \text{ mg L}^{-1}$ ละลายสตรอนเชียมคลอไรด์ 4.60 g ในน้ำกลั่น 1 L

(3) สารละลายแคลเซียมมาตรฐาน 1000 mg L^{-1} ละลายแคลเซียมคาร์บอเนต 1.2488 g ที่อบแห้งที่อุณหภูมิ $105 \pm 5^\circ \text{C}$ ในกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้นจนหมด ทำให้มีปริมาตร



500 mL ด้วยน้ำกลั่น

(4) สารละลายมาตรฐานแคลเซียม 100 mg L^{-1}

ปิเปตต์สารละลายข้อ (3) 10 mL ปรับปริมาตรเป็น 100 mL ด้วยน้ำกลั่น

(5) Standard set ของแคลเซียม

สารละลายข้อ (4) ทำให้มีความเข้มข้น 0, 2, 4, 6, 8, 10 mg L^{-1} ด้วยสารละลาย SrCl_2

ค. วิธีการ

(1) ชั่งดิน 2.5 g ใส่ในขวดแก้วกันแบนขนาด 50 mL

(2) เติมสารละลายสกัด ข้อ ข.(1) 25 mL

(3) เขย่า 30 นาที ด้วยเครื่องเขย่า

(4) กรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 5 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง

กลาง 12.50 cm

(5) ใช้สารละลายมาตรฐานข้อ ข.(5) ทำกราฟมาตรฐาน โดยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 422 nm ทำกราฟมาตรฐานของแคลเซียม ต้องทำทุกครั้งที่จะวิเคราะห์

(6) สารละลายที่กรองได้ ข้อ ค.(4) วัดปริมาณแคลเซียม (Ca) โดย Atomic Absorption Spectrophotometer ถ้ามีความเข้มข้นมาก ต้องเจือจางด้วยสารละลาย SrCl_2 ข้อ ข.(2)

ง. การคำนวณ

แคลเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (avail. Ca) = $\frac{D \times df \times B}{A} \text{ mg kg}^{-1}$



144 คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช ฯ

เมื่อ

A = น้ำหนักของตัวอย่างดิน (g)

B = ปริมาตรของสารละลายแอมโมเนียมอะซิเตทที่ใช้สกัด (mL)

df = อัตราส่วนการเจือจาง (Dilution factor) (เท่า)

D = ความเข้มข้นของแคลเซียมเมื่อเทียบกับความเข้มข้นมาตรฐาน (mg L^{-1})

2.2 แมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (available Mg ; avail. Mg)

แมกนีเซียมเป็นธาตุอาหารรองที่พืชต้องการรองจากธาตุหลัก เช่นเดียวกับแคลเซียมปกติจะมีอยู่ในดินเพียงพอกับการเจริญเติบโตของพืช แมกนีเซียมในรูปที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Mg) และแมกนีเซียมที่ละลายน้ำเป็นแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (available Mg) ซึ่งมีในดินเนื้อละเอียดมากกว่าดินเนื้อหยาบ เช่น ดินเหนียวมีมากกว่าดินทรายเป็นต้น แมกนีเซียมมีบทบาทสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืชหลายประการ คือเป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์ เป็น phosphate carrier ให้เกิดปฏิกิริยา phosphorylation ทำให้ plasma อยู่ในสภาพแขวนลอย มีส่วนในการสร้างน้ำมัน ช่วยในการหายใจ สร้าง lecitin และ nucleoprotein เป็นต้น (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541)

การวิเคราะห์ปริมาณแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืช วิเคราะห์เช่นเดียวกับโพแทสเซียม และแคลเซียมโดยใช้สารละลายสกัดเดียวกันคือใช้แอมโมเนียมอะซิเตทโดยให้ NH_4^+ แทนที่ Mg^{++} ที่ถูกดูดซับไว้ ออกมาอยู่ในสารละลายดินแล้ววัดด้วย Atomic Absorption Spectrophotometer ดังนี้

ก. อุปกรณ์ และเครื่องมือ

(1) ขวดชมพู่ (erlenmeyer flask) ขนาด 50 mL



คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช ๓ 145

- (2) กระดาษกรอง เบอร์ 5
- (3) ปิเปตต์ (pipette)
- (4) dispenser 25 ml
- (5) หลอดแก้ว (test tube)
- (6) เครื่องชั่งดิน
- (7) เครื่องเขย่าดิน
- (8) เครื่องเจือจางสารละลาย (Auto dilutor)
- (9) Atomic Absorption Spectrophotometer
- (10) เครื่องวัด pH

ข. สารเคมี สารละลายและวิธีเตรียม

(1) สารละลายแอมโมเนียมอะซิเตท (ammonium acetate solution) 1 N pH 7.0

ผสม 57 mL ของกรดน้ำส้ม (glacial acetic acid) และ 68 mL ของแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ ในน้ำกลั่นให้มีปริมาตรประมาณ 1 L แล้วปรับ pH ให้สารละลายมี pH 7 แล้วจึงเติมน้ำกลั่นให้เท่ากับ 1 L

(2) สารละลายสตรอนเทียมคลอไรด์ $1,500 \text{ mg L}^{-1}$ ละลาย สตรอนเทียมคลอไรด์ 4.60 g ในน้ำกลั่น 1 L

(3) สารละลายแมกนีเซียมมาตรฐาน $1,000 \text{ mg L}^{-1}$ ละลายแมกนีเซียมออกไซด์ 0.8289 g ที่อบแห้งที่อุณหภูมิ $105^\circ \pm 5^\circ \text{C}$ ในกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้นจนหมด ทำให้มีปริมาตร 500 mL ด้วยน้ำกลั่น

(4) สารละลายมาตรฐานแมกนีเซียม 100 mg L^{-1} ปิเปตต์สารละลายข้อ (3) 10 mL ปรับปริมาตรเป็น 100 mL ด้วยน้ำกลั่น



146 คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช ฯ

(5) Standard set ของแมกนีเซียม

ปิเปตต์สารละลายข้อ (4) ทำให้มีความเข้มข้น 1, 2, 3, 4,

5 mg L⁻¹ ด้วยสารละลาย SrCl₂

ค. วิธีการ

(1) ชั่งดิน 2.5 g ใส่ในขวดชมพูขนาด 50 mL

(2) เติมสารละลายสกัด ข้อ ข.(1) 25 mL

(3) เขย่า 30 นาที ด้วยเครื่องเขย่า

(4) กรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 5 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง

12.50 cm

(5) ใช้สารละลายมาตรฐานข้อ ข.(5) ทำกราฟมาตรฐาน โดยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 285 nm ทำกราฟมาตรฐานของแมกนีเซียม ต้องทำทุกครั้งที่จะวิเคราะห์

(6) สารละลายที่กรองได้ ข้อ ค.(4) วัดปริมาณแมกนีเซียม (Mg) โดย Atomic Absorption Spectrophotometer ถ้ามีความเข้มข้นมากต้องเจือจางด้วยสารละลาย SrCl₂

ง. การคำนวณ

$$\text{แมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (avail. Mg)} = \frac{D \times df \times B}{A} \text{ mg kg}^{-1}$$

เมื่อ

A = น้ำหนักของตัวอย่างดิน (g)

B = ปริมาตรของสารละลายแอมโมเนียมอะซิเตทที่ใช้สกัด (mL)

df = อัตราส่วนการเจือจาง (Dilution factor) (เท่า)

D = ความเข้มข้นของแมกนีเซียมเมื่อเทียบกับความเข้มข้นมาตรฐาน (mg L⁻¹)



2.3 ซัลเฟอร์ (Extractable Sulfur ; extr. S)

ซัลเฟอร์ในดินอนินทรีย์ คือ ซัลไฟต์ ซัลเฟต รวมอยู่กับการับบอนและไนโตรเจนในสารประกอบอินทรีย์ ร้อยละ 95 ของกำมะถันในดินอยู่ในรูปอินทรีย์ซัลเฟต โดยเฉพาะในดินเขตชุ่มชื้น และกึ่งชุ่มชื้น ซัลเฟอร์ในดินจะมีปริมาณร้อยละ 0.01-0.05 ในดินที่มีการระบายน้ำและถ่ายเทอากาศดี ซัลเฟอร์ส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของซัลเฟต โดยจะถูกตรึงด้วยเป็นไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) และถูกออกซิไดส์เป็นซัลไฟต์ (SO_3^-) และซัลเฟต (SO_4^-) ในดินชายทะเล หรือดินตะกอนทะเล ซัลเฟอร์อยู่ในรูปของซัลไฟต์คือ เหล็กซัลไฟด์ และจะถูกออกซิไดส์เป็นซัลฟิวริกแอซิดเมื่อถูกอากาศ

การวิเคราะห์ปริมาณซัลเฟอร์ ที่มากกว่าหนึ่งรูป จะต้องเปลี่ยนรูปของซัลเฟอร์ไปเป็นรูปใดรูปหนึ่ง ซึ่งในปัจจุบันนิยมใช้ oxidation เป็นซัลเฟตแล้ว จึงวิเคราะห์ซัลเฟตโดยการวัดความขุ่น (Turbidity) โดยใช้เกลือบแบเรียม (Bradsley และ Lancaster, 1965)

ก. อุปกรณ์ และ เครื่องมือ

- (1) ขวดชมพู่ (erlenmeyer flask) ขนาด 50 mL
- (2) ขวดปริมาตร (volumetric flask) ขนาด 25, 50 mL
- (3) กระดาษกรอง No. 5 ขนาด 12.5 cm
- (4) pipette
- (5) dispenser
- (6) เครื่องชั่งดิน
- (7) เครื่องเขย่าดิน
- (8) เครื่อง Spectrophotometer



148 คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช ฯ

ข. สารเคมี สารละลายและวิธีเตรียม

(1) สารละลายแอมโมเนียมอะซิเตทเข้มข้น 1 N (Ammonium acetate solution) pH 5

ละลายแอมโมเนียมอะซิเตท (Ammonium acetate) 39 g ในกรดอะซิติก (acetic acid) ความเข้มข้น 0.25 N (ละลายกรดอะซิติกเข้มข้น 14.32 mL ในน้ำกลั่นให้มีปริมาตร 1 L)

(2) กรดไฮโดรคลอริก (HCl) ความเข้มข้น 6 N

ละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น (conc. HCl) ในน้ำกลั่น อัตราส่วน 1:1

(3) แบเรียมคลอไรด์ชนิดผลึก (Crystal Barium Chloride)

(4) กัมอะคาเซียร้อยละ 0.25 (0.25 % gum-acacia)

ละลายกัมอะคาเซีย 0.25 g ในน้ำกลั่น 100 mL แล้วอุ่นให้ละลาย

(5) สารละลายมาตรฐานซัลเฟอร์ (Standard Sulphur) 100 mg L⁻¹

ละลายโพแทสเซียมซัลเฟต (Potassium sulphate) ที่อบแล้ว 0.5434 g ในน้ำกลั่นพอสมควร ปรับสภาพให้เป็นกรดด้วยกรดเกลือเล็กน้อย ปรับปริมาตรให้ได้ 1 L จะได้สารละลายมาตรฐานซัลเฟอร์ 100 mg L⁻¹

ค. วิธีการ

(1) ชั่งดิน 2.5 g ใส่ขวดชมพู่ (erlenmeyer flask) ขนาดความจุ 50 mL

(2) เติมสารละลายข้อ ข.(1) ลงไป 25 mL เขย่า 30 นาที

(3) แล้วกรองด้วยกระดาษกรอง เบอร์ 5 ขนาด 12.50 cm



คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช ๑ 149

(4) บีเบตต์สารละลายที่กรองได้ ข้อ ค.(3) 1-15 mL (ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของซัลเฟอร์ในสารละลาย) ใส่ในขวดปริมาตร (volumetric flask) ขนาดความจุ 25 mL เติมกรดไฮโดรคลอริก 6 N ลงไป 1 mL

(5) เติมแบเรียมคลอไรด์ ลงไป 1 g เขย่าให้เข้ากัน

(6) เติมกัมมะเคาเซีย 0.25% ลงไป 2 mL เขย่าให้เข้ากัน แล้วปรับปริมาตรให้ถึง 25 mL ด้วยน้ำกลั่น

(7) นำไปวัดความขุ่นภายใน 30 นาที ด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 420 nm

(8) ทำ Blank และ Standard set ของซัลเฟอร์ 2, 4, 8, 12, 16 และ 20 mg L⁻¹ ทำเช่นเดียวกับตัวอย่างดิน

(9) ค่าที่อ่านได้นำไปเปรียบเทียบกับความเข้มข้นกับกราฟมาตรฐานที่อ่านได้ ที่มีความเข้มข้น 0, 2, 4, 8, 12, 16 และ 20 mg L⁻¹ ตามลำดับ

ง. การคำนวณ

$$\text{ซัลเฟอร์ที่สกัดได้ (Extr. S)} = \frac{D \times df \times B}{A} \quad \text{mg kg}^{-1}$$

เมื่อ

A = น้ำหนักของตัวอย่างดิน (g)

B = ปริมาตรของสารละลายแอมโมเนียมอะซิเตตที่ใช้สกัด (mL)

df = อัตราส่วนการเจือจาง (Dilution factor) (เท่า)

D = ความเข้มข้นของซัลเฟอร์เมื่อเทียบกับความเข้มข้นมาตรฐาน (mg L⁻¹)



150 คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช ฯ

ระดับธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรองรูปที่เป็น
ประโยชน์ต่อพืชในดิน (USDA)

ธาตุอาหารพืช	ระดับความเป็นประโยชน์ต่อพืช (mg kg ⁻¹)				
	ต่ำมาก	ต่ำ	ปานกลาง	สูง	สูงมาก
ฟอสฟอรัส (P)	< 3	3-10	11-15	16-45	> 45
โพแทสเซียม (K)	< 30	30-60	61-90	91-120	> 120
แคลเซียม (Ca)	< 400	400-1000	1001-2000	2001-4000	>4000
แมกนีเซียม (Mg)	< 36	36-120	121-365	366-975	> 975
กำมะถัน (S)*	< 5	5-10	11-20	21 - 30	> 30

* สำหรับค่ามาตรฐานของกำมะถันในดินไม่ค่อยจะมีผู้ศึกษามากนัก ส่วนใหญ่จะศึกษาวิจัยกำมะถันในพืชมากกว่า ดังนั้น จึงนำค่ามาตรฐานของห้องปฏิบัติการของ Albion Laboratories, Inc. มาใช้ในการจัดระดับกำมะถันที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดิน



วิธีวิเคราะห์จุลธาตุอาหาร หรือธาตุอาหารเสริม

จุลธาตุอาหาร หรือธาตุอาหารเสริม เป็นธาตุอาหารที่พืชต้องการน้อย ธาตุอาหารเหล่านี้มีความสำคัญเท่าเทียมกับธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรองที่พืชจะขาดไม่ได้

แหล่งของจุลธาตุอาหารที่สำคัญคือ แร่ ซึ่งมีทั้งแร่ปฐมภูมิ (primary mineral) และ แร่ทุติยภูมิ (secondary mineral) เช่น Hematite (Fe_2O_3), Pyrite (FeS_2), Pyrolusite (MnO_2) เป็นต้น Malachite [$\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$], Smithsonite และ Molybdenite (MoS_2) เป็นต้น อินทรีย์วัตถุ ส่วนของฮิวมัส มีประจุที่สามารถดูดซับจุลธาตุอาหารไว้นอกจากนั้นจุลธาตุอาหารยังเป็นส่วนประกอบของปุ๋ยเคมี ปุ๋ยและปุ๋ยอินทรีย์อีกด้วย รูปของจุลธาตุอาหารที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ คือรูปที่ละลายออกมาอยู่ในสารละลายดิน และอีกรูปหนึ่งคือพวกโลหะคีเลต (metal chelate) ซึ่งเป็นการรวมกันระหว่างไอออนของจุลธาตุอาหารกับอินทรีย์วัตถุที่ละลายน้ำได้ สารพวกนี้ทนทานต่อการเปลี่ยนแปลง pH และส่วนมากไม่มีประจุ สามารถละลายน้ำได้ดี

ความเป็นประโยชน์ของจุลธาตุอาหารประจำวง เหล็ก ทองแดง สังกะสี แมงกานีส ในดินมีปัจจัยควบคุมคล้าย ๆ กัน คือความเป็นกรดเป็นด่างของดิน กล่าวคือ ในสภาพดินเป็นกรดมาก ๆ จุลธาตุเหล่านี้จะละลายออกมามากจนเป็นพิษต่อพืช อยู่ในสภาวะออกซิเดชันหรือรีดักชัน เช่น เหล็ก แมงกานีสและทองแดง ในดินน้ำขังดินเป็นกรดจัด ระบายน้ำไม่ดี จะละลายออกมามากจนเป็นพิษ หรือเมื่อทำปฏิกิริยากับสารอินทรีย์และสารอินทรีย์ จะทำให้ความเป็นประโยชน์ต่อพืชน้อยลง

การวิเคราะห์จุลธาตุอาหารสำหรับห้องปฏิบัติการวิเคราะห์แต่จุลธาตุประจำวงเท่านั้น สำหรับจุลธาตุประจำวงบางชนิดจะวิเคราะห์ต่อเมื่อจำเป็น



152 คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช ฯ

1. เหล็ก (Iron ; Fe)

เหล็กในดินอยู่ในรูปของ Ferrous (Fe^{2+}) และ Ferric (Fe^{3+}) ปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดินมีปริมาณน้อยจนถึงมีปริมาณมากเกินไป การขาดเหล็กในดินมักเกิดขึ้นกับดินที่มีปริมาณ Free $CaCO_3$ มาก หรืออาจเกิดในดินที่เป็นกลางและดินกรดที่มีเนื้อดินเป็นทราย เหล็กส่วนใหญ่อยู่ในรูป ferrous (Fe^{2+}) และมีปริมาณมากในดินที่เป็นกรดจัดที่มีการถ่ายเทอากาศไม่ดี และมีในปริมาณที่เป็นพิษต่อพืช

การวิเคราะห์ปริมาณเหล็กในดินที่สามารถสกัดออกมาได้มีหลายวิธีด้วยกัน ไม่มีวิธีใดที่ใช้เป็นวิธีมาตรฐาน สำหรับการจำแนกดินนิยมใช้ Sodium Dithionite Citrate สกัด สำหรับสารประกอบเชิงซ้อนของ Fe และ Al ไฮดรอกไซด์ของเหล็กและอะลูมิเนียม และ amorphous alluminosilicate และสำหรับประเทศไทยมีผู้วิจัยทำการวิจัยเกี่ยวกับความเป็นประโยชน์ และเป็นพิษต่อเหล็กสำหรับการเจริญเติบโตและมีผลกระทบต่อผลผลิตของพืชน้อยมาก ดังนั้นห้องปฏิบัติการสำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดินได้เลือกสารละลายสกัด DTPA (Diethylene triamine penta acetic acid) วิเคราะห์เหล็กที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (Lindsay และ Norvell, 1978),(Chen และ Barak, 1982)

2. เหล็ก (avail. Fe-DTPA) (Lindsay และ Norvell, 1978) (Chen และ Barak, 1982)

ก. อุปกรณ์ และเครื่องมือ

- (1) เครื่องชั่ง
- (2) ขวดชมพู่ (erlenmeyer flask) ขนาด 50 mL
- (3) หลอดแก้ว (test tube)



คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช ๑ 153

- (4) กระดาษกรอง เบอร์ 42 ขนาด 12.50 cm
- (5) ปิเปตต์ (pipette)
- (6) เครื่องเจือจางสารละลาย (Auto dilutor)
- (7) เครื่องวัด pH
- (8) เครื่องเขย่าดิน
- (9) Atomic Absorption Spectrophotometer

ข. สารเคมี สารละลายและวิธีเตรียม

(1) สารละลายสกัด ดิทีพีเอ (DTPA extracting solution), pH 7.30 ± 0.05

- Diethylene triaminepentaacetic acid (DTPA), 0.005 M
- Calcium chloride (CaCl_2), 0.01 M
- Triethanolamine (TEA), 0.1 M

ละลาย DTPA (Diethylene triaminepenta acetic acid) 19.67 g ด้วยน้ำกลั่นประมาณ 200 mL ผสมกับ TEA (Triethanolamine) 149.2 g ใช้แท่งแก้วคนช่วยละลาย DTPA และเติมแคลเซียมคลอไรด์ไดไฮเดรท (Calcium chloride dihydrate ; $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) 14.7 g ซึ่งละลายน้ำแล้ว เทลงในขวดที่ใส่น้ำกลั่นประมาณ 9 L เขย่าให้สารละลายผสมกันและละลายหมด นำไปปรับ pH เป็น 7.3 ± 0.05 ด้วย 1 N ของกรดไฮโดรคลอริก (HCl) แล้วทำให้มีปริมาตร 10 L

(2) สารละลายมาตรฐานเหล็ก 1,000 mg Fe L⁻¹

ละลาย 1.000 g ของเหล็ก (Iron metal) ใน 50 mL ของ (1:1) HNO_3 ทำให้มีปริมาตร 1 L ด้วยน้ำกลั่น



154 คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช ฯ

(3) Working Solution 100 mg L^{-1}

ปิเปตต์สารละลายข้อ ข (2) ใส่ใน volumetric flask ขนาด 100 mL แล้วปรับให้มีปริมาตร 100 mL ด้วย 1% (V/V) HCl

(4) สารละลายมาตรฐานของ Fe ความเข้มข้น 0, 1, 2, 3, 4 และ 5 mg L^{-1}

ปิเปตต์ working solution 100 mg L^{-1} 0, 1, 3, และ 5 mL ใส่ใน volumetric flask ขนาด 100 mL แล้วปรับให้มีปริมาตร 100 mL ด้วยสารละลายสกัด

ค. วิธีการ

(1) ชั่งตัวอย่างดิน 10 g ใส่ใน erlenmeyer flask ขนาด 50 mL

(2) เติมสารละลายสกัด DTPA 20 mL

(3) เขย่าด้วยเครื่องเขย่าเป็นเวลา 2 ชั่วโมง

(4) กรองด้วยกระดาษกรอง No. 42

(5) นำสารละลายมาตรฐานของ Fe ความเข้มข้นต่าง ๆ และสารละลายที่กรองได้ ถ้ามีความเข้มข้นมากเกินไป ทำให้เจือจางด้วยสารละลายสกัด นำไปวัดค่า available Fe ด้วย Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) ที่ความยาวคลื่น (wavelength) 248.3 nm

ง. การคำนวณ

$$\text{เหล็กที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (avail. Fe)} = \frac{B \times df \times D}{A} \text{ mg kg}^{-1}$$



- A = น้ำหนักของตัวอย่างดิน (g)
B = ปริมาตรของสารละลาย DTPA ที่ใช้สกัด (mL)
df = อัตราส่วนการเจือจาง (Dilution factor) (เท่า)
D = ความเข้มข้นของเหล็กเมื่อเทียบกับความเข้มข้น
มาตรฐาน mg L^{-1} ที่อ่านได้จากเครื่อง AAS (mg L^{-1})

3. เหล็ก Free ion oxides (Na-dithionite+Na citrate extraction, Soil Survey Laboratory staff, 1992)

Dithionite citrate เป็นตัวสกัด organically complexed Fe and Al, noncrystalline hydrous oxides of Fe and Al และ amorphous aluminosilicates การหาปริมาณเหล็กวิธีนี้ ใช้เพื่อจำแนกชั้นดิน spodic

ก. อุปกรณ์

- (1) เครื่องเขย่า
- (2) เครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer
- (3) ขวดเขย่าพลาสติก ขนาด 250 mL
- (4) ขวดปริมาตรขนาด 250 mL
- (5) บีเปตต์
- (6) หลอดทดลองขนาด 25 mL

ข. สารเคมี สารละลายและวิธีเตรียม

- (1) Na-dithionite powder ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$) ตัวไล้เหล็ก
- (2) Na-citrate dihydrate/powder ($\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)
- (3) superfloc 0.2 % in water เป็นตัว flocculating agent
ละลาย superfloc 0.2 g ละลายในน้ำกลั่น แล้วปรับ
ปริมาตรเป็น 100 mL ตั้งไว้หลายวัน และ สารละลายนี้ห้ามเขย่า



156 คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช ฯ

(4) สารละลายโซเดียมซัลเฟต สำหรับเตรียมสารละลายมาตรฐานและเจือจางตัวอย่าง

ละลายโซเดียมซัลเฟต ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) 80 g ในน้ำกลั่น เติมกรดกำมะถัน 5 mL ผสมให้เข้ากัน ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเป็น 1 ลิตร

(5) สารละลายมาตรฐานเหล็ก สำเร็จรูป $1,000 \text{ mg L}^{-1}$

(6) สารละลายมาตรฐานเหล็ก 100 mg L^{-1}

ปิเปตต์สารละลายข้อ ข.(4) 10 mL ใส่ในขวดปริมาตร 100 mL และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น

(7) สารละลายมาตรฐานเหล็กเข้มข้น 0, 2, 4, 6, 8 และ 10 mg L^{-1}

ปิเปตต์สารละลาย ข้อ ข.(5) จำนวน 0, 2, 4, 6, 8 และ 10 mL ใส่ในขวดปริมาตร 100 mL เติม 0.2% superfloc 0, 8 mL และปรับปริมาตรด้วยสารละลาย ข้อ (4) เป็น 100 mL จะได้สารละลายมาตรฐานเหล็กเข้มข้น 0, 2, 4, 6, 8 และ 10 mg L^{-1} ตามลำดับ

ค. วิธีการ

(1) ชั่งดิน 4 g ลงในขวดเขย่าพลาสติก ขนาด 250 mL

(2) เติม $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ 2 g และ $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ประมาณ 20-25 g ลงในขวดเขย่าใน ข้อ. 1

(3) เติมน้ำกลั่น ประมาณ 120 mL

(4) เขย่าค้างคืน 12-16 ชั่วโมง แบบไปกลับ ความเร็ว 180 รอบ ต่อนาที

(5) เติม superfloc 2 mL ปรับปริมาตรเป็น 250 mL ด้วยน้ำกลั่น แล้วเขย่าด้วยมืออย่างแรง ประมาณ 15 วินาที



(6) ทิ้งสารละลายไว้อย่างน้อย 3 วัน

(7) วัดด้วยเครื่อง AAS เปรียบเทียบกับสารละลายมาตรฐาน ปริมาณเหล็กที่สกัดได้

การคำนวณ

$$\% \text{ Fe} = (R-B) \times 250 \times df \times 100 / W(g) \times 10^6$$

$$\% \text{ Fe (oven dry soil)} = \% \text{ Fe} * (100 / 100 - \% \text{ M})$$

$$\% \text{ Fe}_2\text{O}_3 = \% \text{ Fe} \times 1.43$$

$$R = \text{ค่าที่อ่านได้จากตัวอย่าง, mgL}^{-1}$$

$$df = \text{จำนวนเท่าของการเจือจาง}$$

$$B = \text{ค่าที่อ่านได้จาก blank}$$

$$W = \text{น้ำหนักดิน, g}$$

$$M = \text{ความชื้นของดิน}$$

4. แอมกานีสที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (Available Manganese ; avail. Mn)

แอมกานีสอยู่ในรูปของแร่ รูปของแอมกานีสในดินคือ Mn^{2+} , Mn^{3+} และ Mn^{4+} แอมกานีสเกิดที่ตำแหน่งที่มีการแลกเปลี่ยนประจุบวก และในสารละลายดิน แอมกานีสส่วนใหญ่ในดินเป็นออกไซด์ที่ไม่ละลายน้ำ และบางส่วนอยู่ในสารประกอบเชิงซ้อนกับอินทรีย์วัตถุในดิน แอมกานีสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชอยู่ในรูป Mn^{2+} และอยู่ในสารละลายดิน ซึ่งอยู่ในสภาวะสมดุลกับแอมกานีสที่แลกเปลี่ยนได้ และแอมกานีสออกไซด์ที่ไม่สามารถละลายได้ ซึ่งสามารถละลายได้เมื่อดินเป็นกรด เมื่อ pH ของดินเพิ่มขึ้น แอมกานีสจะเปลี่ยนเป็นแอมกานีสออกไซด์ ความ เป็นประโยชน์ของแอมกานีสจะลดลง และเมื่อ pH ของดินลดลง แอมกานีส



158 คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช ฯ

ก็จะเปลี่ยนกลับเป็น Mn^{2+} ซึ่งจะมีความเป็นประโยชน์เพิ่มขึ้นซึ่งอาจจะ มีปริมาณถึงระดับที่เป็นพิษต่อพืช (Adams and Wear, 1957) ปริมาณ ของแมงกานีสในรูปของ Mn^{2+} และเป็นประโยชน์ต่อพืชในขณะนั้นขึ้นอยู่กับ pH ของดินมากกว่าปัจจัยอื่น อย่างไรก็ตาม ระดับอินทรีย์วัตถุและการถ่ายเทอากาศเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีอิทธิพลต่อความเป็นประโยชน์ของ แมงกานีส

การวิเคราะห์ปริมาณแมงกานีส ในดินที่ใช้ EDTA (ethylene diamine tetraacetic acid) เป็นสารละลายสกัด ซึ่งสามารถสกัดแมงกานีสที่อยู่ใน รูปสารประกอบเชิงซ้อน แต่สารละลายสกัดนี้ไม่สามารถสกัดแมงกานีส ออกไซด์ได้ (Heintz, 1957) สำหรับห้องปฏิบัติการนี้ใช้สารละลายสกัด DTPA (Diethylene triaminepentaacetic acid) เป็นสารละลายสกัดแมงกานีสใน รูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช เนื่องจากมีข้อมูลเกี่ยวกับระดับของแมงกานีส ที่เป็นประโยชน์ต่อพืชที่ใช้กันอยู่ทั่วไป และยังสามารถสกัดได้พร้อม กับจุลินทรีย์อาหารอื่น ๆ อีกด้วย

ก. อุปกรณ์ และเครื่องมือ

เช่นเดียวกับข้อ 3.1.2 , ก.

ข. สารเคมี สารละลายและวิธีเตรียม

(1) สารละลายสกัด ดีทีพีเอ (DTPA extracting solution), pH 7.30 ± 0.05 เช่นเดียวกับข้อ 3.1.2 ข.(1)

(2) สารละลายแมงกานีสมาตรฐาน $1,000 \text{ mg L}^{-1}$

ละลาย 1.000 g ของแมงกานีส (Manganese metal) ใน (1:1) HNO_3 เล็กน้อย ทำให้มีปริมาตร 1 L ด้วย 1% (V/V) HCl

(3) Working standard solution 100 mg L^{-1}

ปิเปตต์ สารละลายข้อ ข. (2) 10 mL ใส่ใน volumetric flask ขนาด 100 mL แล้วปรับให้มีปริมาตร 100 mL ด้วย 1% (V/V) HCl



(4) สารละลายมาตรฐานของ Mn ความเข้มข้น 0, 1, 2 และ 3 mg L⁻¹

ปิเปตต์ working solution 100 mg kg⁻¹ 0, 1, 2 และ 3 mL ใส่ใน volumetric flask ขนาด 100 mL แล้วปรับให้มีปริมาตร 100 mL ด้วยสารละลายสกัด

ค. วิธีการ

- (1) ชั่งตัวอย่างดิน 10 g ใส่ใน erlenmeyer flask ขนาด 50 mL
- (2) เติมสารละลายสกัด DTPA 20 mL
- (3) เขย่าด้วยเครื่องเขย่าเป็นเวลา 2 ชั่วโมง
- (4) กรองด้วยกระดาษกรอง No. 42

(5) นำสารละลายมาตรฐานของ Mn ความเข้มข้นต่าง ๆ และสารละลายที่กรองได้ ถ้ามีความเข้มข้นมากเกินไป ทำให้เจือจางด้วยสารละลายสกัด ไปวัดค่า available Mn ด้วย Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) ที่ความยาวคลื่น (wavelength) 279.5 nm

ง. การคำนวณ

แมงกานีสที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (avail. Mn) = $\frac{B \times df \times D}{A}$ mg kg⁻¹

เมื่อ

A = น้ำหนักของตัวอย่างดิน (g)

B = ปริมาตรของสารละลาย DTPA ที่ใช้สกัด (mL)

df = อัตราส่วนการเจือจาง (Dilution factor) (เท่า)

D = ความเข้มข้นของแมงกานีสเมื่อเทียบกับความเข้มข้นมาตรฐาน ที่อ่านได้จากเครื่อง AAS (mg L⁻¹)



5. ทองแดงที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (Available Copper ; avail. Cu)

ปริมาณทองแดงในดินอยู่ระหว่าง 1-3 mg kg⁻¹ ดังนั้นดินส่วนใหญ่จะขาดทองแดง ทองแดงจะสะสมอยู่มาก ถ้าในดินนั้นมีการใช้ยากำจัดศัตรูพืช หรือมาจากแหล่งอื่นๆ ความเป็นประโยชน์ของทองแดงค่อนข้างต่ำ และถ้ามีทองแดงปริมาณมากจะทำให้มีผลกระทบต่อรากพืช โดยทำให้รากแคระแกร็น

ทองแดงในดินมีอยู่ในแร่หลายรูปด้วยกัน ขึ้นอยู่กับการสลายตัวของแร่ อยู่ในเศษเหลือของพืช และในคีเลตของอินทรีย์วัตถุ และทองแดงจะสูญเสียเพียงเล็กน้อยเท่านั้นในการชะล้าง

เนื่องจากทองแดงมีปริมาณต่ำมากในดิน ดังนั้นในการเตรียมตัวอย่างดินสำหรับการวิเคราะห์ จำเป็นต้องระมัดระวังในการถูกรบกวนจากการเก็บตัวอย่างดิน ควรเก็บด้วยจอบที่สะอาดและเก็บในถุงพลาสติกอย่างดี

การวิเคราะห์ทองแดงได้ใช้สารละลายสกัดหลายอย่างด้วยกัน สำหรับดินปูน (calcareous soil) ใช้ HNO₃ สำหรับทำปฏิกิริยากับปูน และไล่ carbonate ออกจากตัวอย่าง ในขณะที่ดินอินทรีย์จำเป็นต้องทำลายอินทรีย์วัตถุด้วย Hydrogen Peroxide (H₂O₂) ก่อนที่จะใช้สารละลายสกัดดิน ดังนั้นในห้องปฏิบัติการสำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดินจึงใช้วิธีเดียวกันกับการวิเคราะห์จุลธาตุอาหารอื่นๆ คือ DTPA (Diethylene triamine penta acetic acid) เป็นสารละลายสกัด แล้ววัดด้วยเครื่อง Atomic absorption spectrophotometer เพื่อวัดปริมาณทองแดงที่เป็นประโยชน์ต่อพืชสำหรับดินทั่ว ๆ ไป

ก. อุปกรณ์ และเครื่องมือ

เช่นเดียวกับข้อ 3.1.2 , ก.



คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช ฯ 161

ข. สารเคมี สารละลายและวิธีเตรียม

(1) สารละลายสกัด ดีทีพีเอ (DTPA extracting solution), pH 7.30 ± 0.05 เช่นเดียวกับข้อ 3.1.2 ข.(1)

(2) สารละลายทองแดงมาตรฐาน $1,000 \text{ mg L}^{-1}$
ละลาย 1.000 g ของทองแดง (Cu metal) ใน (1:1) HNO_3
เล็กน้อยแล้วทำให้มีปริมาตร 1 L ด้วย $1\% \text{ (V/V) HNO}_3$

(3) Working standard solution 100 mg L^{-1}
ปิเปตต์ สารละลายข้อข.(2) 10 mL ใส่ใน volumetric flask
ขนาด 100 mL แล้วปรับให้มีปริมาตร 100 mL ด้วย $1\% \text{ (V/V) HNO}_3$

(4) สารละลายมาตรฐานของ Cu ความเข้มข้น $0, 1, 3,$ และ
 5 mg L^{-1}

ปิเปตต์ working solution 100 mg L^{-1} $0, 1, 3$ และ 5 mL
ใส่ใน volumetric flask ขนาด 100 mL แล้วปรับให้มีปริมาตร 100 mL
ด้วยสารละลายสกัด

ค. วิธีการ

(1) ชั่งตัวอย่างดิน 10 g ใส่ใน erlenmeyer flask ขนาด
 50 mL

(2) เติมสารละลายสกัด DTPA 20 mL

(3) เขย่าด้วยเครื่องเขย่าเป็นเวลา 2 ชั่วโมง

(4) กรองด้วยกระดาษกรอง No. 42

(5) นำสารละลายมาตรฐานของ Cu ความเข้มข้นต่าง ๆ
และสารละลายที่กรองได้ ถ้ามีความเข้มข้นมากเกินไป ทำให้เจือจางด้วย
สารละลายสกัด ไปวัดค่า available Cu ด้วย Atomic Absorption Spectro-
photometer (AAS) ที่ความยาวคลื่น (wavelength) 324.8 nm



162 คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช ฯ

ง. การคำนวณ

$$\text{ทองแดงที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (avail. Cu)} = \frac{B \times df \times D}{A} \text{ mg kg}^{-1}$$

เมื่อ

A = น้ำหนักของตัวอย่างดิน (g)

B = ปริมาตรของสารละลาย DTPA ที่ใช้สกัด (mL)

df = อัตราส่วนการเจือจาง (Dilution factor) (เท่า)

D = ความเข้มข้นของทองแดงเมื่อเทียบกับความเข้มข้นมาตรฐานที่อ่านได้จากเครื่อง AAS (mg L^{-1})

5. สังกะสีที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (Available Zinc ; avail. Zn)

สังกะสี (Zn) เกิดขึ้นในดินในแร่ปฐมภูมิ และดินเหนียว สังกะสีถูกดูดซับไว้อย่างเหนียวแน่นกับอินทรีย์วัตถุและดินเหนียว และตกตะกอนในรูปของ hydroxide phosphate carbonate และ silicate ในระดับ pH เป็นกรดเล็กน้อยถึงเป็นด่าง ในดินส่วนใหญ่มีสังกะสีระหว่าง 10-300 mg kg^{-1} ส่วนสังกะสีที่ละลายได้มีน้อยมาก สังกะสีที่แลกเปลี่ยนได้โดย NH_4OAc และสังกะสีที่ละลายน้ำได้ เป็นสังกะสีที่เป็นประโยชน์ต่อพืช แต่สำหรับสารละลายสกัดอื่นๆ จะได้สังกะสีที่เป็นประโยชน์หรือไม่นั้น ความรู้ในด้านนี้มีน้อยมาก (Viets และ Boawn, 1965)

การสกัดสังกะสีจะได้สังกะสีปริมาณมากหรือน้อยขึ้นกับ pH หรือเกิดสารประกอบเชิงซ้อน เช่น EDTA และมีวิธีวิเคราะห์ทางเคมีอีกหลายวิธีที่ใช้เพื่อชี้ให้เห็นถึงความเป็นประโยชน์ของสังกะสีโดยใช้สารละลายสกัดต่างกันเช่นใช้ NH_4OAc และ Dithizone (Dephenyl thiocarbazon) ใน CCl_4 (Shaw and Dean, 1951) และสกัดด้วย 0.1 N HCl



ซึ่งต้องใช้ colorimeter ในการวัด ซึ่งเหมาะสมกับห้องปฏิบัติการทั่วไป แต่สำหรับห้องปฏิบัติการที่มีเครื่องมือวิทยาศาสตร์พิเศษที่ใช้วัดสารละลาย ที่สกัดได้ คือ emission spectroscopy, x-ray spectroscopy, polarography แล้วจะสามารถวัดสังกะสีที่มีอยู่น้อยในดินได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เช่นเดียวกับจุลธาตุอาหารอื่นๆสังกะสีที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดิน นิยมใช้ DTPA (Diethylene triamine penta acetic acid) เป็นสารละลายสกัด แล้ววัดด้วยเครื่อง Atomic absorption spectrophotometer ด้วยเหตุผลเดียวกันคือ ใช้สารละลายสกัดชนิดเดียวสามารถวัดได้หลายจุลธาตุอาหารซึ่งทำให้สะดวก รวดเร็ว ประหยัด และยังมีตารางมาตรฐานที่บอกความเป็นประโยชน์

ก. อุปกรณ์ และเครื่องมือ

เช่นเดียวกับข้อ 3.1.2, ก.

ข. สารเคมี สารละลายและวิธีเตรียม

(1) สารละลายสกัด ดีทีพีเอ (DTPA extracting solution), pH 7.30 ± 0.05 เช่นเดียวกับข้อ 3.1.2 ข.(1)

(2) สารละลายสังกะสีมาตรฐาน 500 mg L^{-1}

ละลาย 0.500 g ของสังกะสี (Zn metal) ใน (1:1) HCl เล็กน้อย แล้วทำให้มีปริมาตร 1 L ด้วย 1% (V/V) HCl

(3) Working standard solution 50 mg L^{-1}

ปิเปตต์สารละลายข้อ ข. (2) 10 mL ใส่ใน volumetric flask ขนาด 100 mL แล้วปรับให้มีปริมาตร 100 mL ด้วย 1% (V/V) HCl



164 คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช ฯ

(4) สารละลายมาตรฐานของ Zn ความเข้มข้น 0, 0.5, 1 และ 2.5 mg L⁻¹

ปิเปตต์ working solution 50 mg L⁻¹ 0, 1, 2 และ 5 mL ใน volumetric flask ขนาด 100 mL แล้วปรับให้มีปริมาตร 100 mL ด้วย สารละลายสกัด

ค. วิธีการ

- (1) ชั่งตัวอย่างดิน 10 g ใส่ใน erlenmeyer flask ขนาด 50 mL
- (2) เติมสารละลายสกัด DTPA 20 mL
- (3) เขย่าด้วยเครื่องเขย่าเป็นเวลา 2 ชั่วโมง
- (4) กรองด้วยกระดาษกรอง No. 42

(5) นำสารละลายมาตรฐานของ Zn ความเข้มข้นต่าง ๆ และสารละลายที่กรองได้ ถ้ามีความเข้มข้นมากเกินไป ทำให้เจือจาง ด้วยสารละลายสกัด ไปวัดค่า available Zn ด้วย Atomic Absorption Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น (wavelength) 213.9 nm

ง. การคำนวณ

$$\text{สังกะสีที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (avai. Zn)} = \frac{B \times df \times D}{A} \quad \text{mg kg}^{-1}$$

เมื่อ

A = น้ำหนักของตัวอย่างดิน (g)

B = ปริมาตรของสารละลาย DTPA ที่ใช้สกัด (mL)

df = อัตราส่วนการเจือจาง (Dilution factor) (เท่า)

D = ความเข้มข้นของสังกะสีเมื่อเทียบกับความเข้มข้น มาตรฐานที่อ่านได้จากเครื่อง AAS. (mg L⁻¹)



ระดับจุลธาตุอาหารพืชรูปที่เป็นประโยชน์ในดิน
(Viet และ Lindsay, 1973)

จุลธาตุอาหาร	ระดับความต้องการจุลธาตุอาหารของพืช (mg kg ⁻¹)		
	ขาด	พอเหมาะ	เกินพอ
แมงกานีส (Mn)	< 1.0	-	> 1.0
ทองแดง (Cu)	< 0.2	-	> 0.2
สังกะสี (Zn)	< 0.5	0.5-1.0	> 1.0
เหล็ก (Fe)	< 2.5	2.5-4.5	> 4.5

6. โบรอนที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (Available Boron ; avail. B)

โบรอนในดินเกิดจากการผุพังของหินที่มีโบรอนเป็นองค์ประกอบ เกิดการรวมตัวเป็น anions เช่น BO_2^- , $\text{B}_4\text{O}_7^{2-}$, BO_3^{3-} , HB_2O_3^- และ $\text{B}(\text{OH})_4^-$ รูปของโบรอนในดินที่พบในสารละลายดินคือ H_3BO_3 และ $\text{B}_4\text{O}_7^{2-}$ ซึ่งจะเกิดในสารละลายดิน ปัจจัยสำคัญที่ควบคุมความเป็นประโยชน์ของโบรอน คือความเป็นกรดเป็นด่าง โบรอนจะละลายไม่ดีในสภาพด่าง และปริมาณธาตุโบรอนในดินสัมพันธ์กับปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน กล่าวคือ ถ้าดินมีอินทรีย์วัตถุมากปริมาณโบรอนก็จะมากด้วย และโบรอนจะถูกดูดซับโดยดินแน่นกว่าประจุอื่น เช่น Cl^- และ NO_3^- และการดูดซับโดยผิวดินเหนียวจะคล้ายการดูดซับประจุบวกมากกว่าประจุลบ

จากการสำรวจดินที่ปลูกพืชทั่วโลกพบว่ามี Total B ในดิน ขึ้นบนตั้งแต่ 1-467 mg kg⁻¹ และมีค่าเฉลี่ยประมาณ 9-85 mg kg⁻¹ ดินมีเนื้อดินเป็นทราย หรือดินร่วนจะมีปริมาณน้อย จะมีปริมาณมากในดิน Lateritic soils แต่จะต่ำในดิน Podzols and Histosols ดูเหมือนว่าดินเกือบทุกชนิดขาดโบรอน ดินบางชนิดในแถบแล้ง หรือแห้งแล้ง หรือดิน



166 คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช ฯ

ที่ใส่ปุ๋ยโบรอนมากเกินไป อาจจะมีโบรอนถึงระดับเป็นอันตรายต่อพืช ความต้องการโบรอนของพืชแต่ละชนิดแตกต่างกัน คือปริมาณที่ใช้ใน ผงเซลล์ บางพืชต้องการธาตุนี้้น้อย (ข้าวสาลี และข้าวโพด) มีค่าระหว่าง 5-10 ต้องการปานกลาง (ยาสูบและอัลฟัลฟา) 25-40 และต้องการสูง (แคโรตและซูกากีบัต) $50-100 \text{ mg kg}^{-1}$ (น้ำหนักแห้ง) นอกจากนี้พืชที่เจริญในที่ซึ่งมีความเข้มข้นของแสงสูงจะไวต่อการขาดธาตุนี้ และต้องการใน ปริมาณ ที่มากกว่าปกติ หากน้ำชลประทานมีโบรอน $1-10 \text{ mg L}^{-1}$ จะทำให้ พืชที่ไวต่อพิษและทนพิษของโบรอนเริ่มเป็นอันตราย (ยงยุทธ, 2543)

วิธีวิเคราะห์โบรอนที่ละลายน้ำได้ (Hot - water soluble Boron)

(Berger and Truog, 1939 ; Naftel, 1939 ; Dible et. al., 1954 ; and Silverman and Trego, 1953)

ก. อุปกรณ์ และ เครื่องมือ

- (1) กระจกเบียร์หรือกระป๋องน้ำอัดลม หรือภาชนะใด ๆ ที่ องค์ประกอบปราศจากโบรอน ที่ทนความร้อนเกินกว่า $150 \text{ }^{\circ}\text{C}$
- (2) Beaker polypopylene ขนาด 100 และ 250 mL
- (3) Volumetric flask ชนิด polypopylene ขนาด 50 mL
- (4) ขวด polypopylene ขนาด 250 และ 1000 mL
- (5) Hot plate
- (6) กระจกทรง No. 5 ขนาด 12.5 cm
- (7) pipette
- (8) เครื่องชั่งดิน
- (9) เครื่องเขย่าดิน
- (10) เครื่อง Spectrophotometer



คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช ๑ 167

ข. สารเคมี สารละลายและวิธีเตรียม

(1) 2-Ethyl-1,3-haxanediol

ผสม 2-Ethyl-1,3-haxanediol 100 mL ใน volumetric flask
ขนาด 1 L ด้วย chloroform

(2) Curcumine (natural) AR grade

ซึ่ง Curcumine 0.2 g ใส่ใน Beaker polyethylene ขนาด
250 mL เติม Acetic acid 100 mL ต้มที่อุณหภูมิ 40-50 °C จนละลาย เก็บ
บรรจุในขวด polypopylene

(3) Chloroform

(4) 95% Alcohol (Ethanol)

(5) กรด H_2SO_4 เข้มข้น

(6) HCl (1 : 3) V/V

(7) Acetic acid

(8) Boric acid

(9) เตรียมสารละลายโบรอนมาตรฐาน 1000 mg L^{-1}

ซึ่ง Boric acid (H_3BO_3) 5.72 g ที่อบแห้งที่ 105°C เวลา 24
ชั่วโมง ละลายด้วยน้ำกลั่นในปิกเกอร์ polypopylene 100 mL ปรับให้มี
ปริมาตร 1 L ด้วย volumetric flask ชนิด polypopylene

(10) ทำสารละลายโบรอนมาตรฐาน 5 mg L^{-1}

(11) เตรียม standard set ให้มีความเข้มข้น 0.01, 0.02, 0.03,
0.04 และ 0.05 mg L^{-1}

ค. วิธีการ (วิธี Hot water)

(1) ซึ่งดิน 25 g ใส่ในกระป๋องเบียร์ ขนาด 200 mL

(2) เติมน้ำกลั่น 50 mL ซึ่งน้ำหนัก จดบันทึกไว้



168 คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช ฯ

(3) ต้มบน hot plate อุณหภูมิประมาณ 150 °C นาน 5-10 นาที ทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง

(4) ชั่งน้ำหนักจذبันทึบ แล้วเติมน้ำกลั่นลงไปแทนที่ส่วนที่หายไปให้มีน้ำหนักเท่าเดิม

(5) เขย่า แล้วกรองหรือ Centrifuge

(6) บีบเปิดส่วนใสของสารละลายสกัด ประมาณ 10 mL ใส่ในหลอด

(7) เติม HCl (1:3) V/V 10 mL

(8) เติมสารละลาย 2-Ethyl-1, 3-hexanediol 10 mL

(9) ปิดฝาหลอด เขย่าประมาณ 1 นาที ตั้งทิ้งไว้จนแยกชั้น

(10) บีบเปิดส่วนใสชั้นล่าง 1 mL ใส่ใน beaker ขนาด 50 mL

(11) เติมสารละลาย Curcumine 1 mL และ 0.3 mL H₂SO₄ เข้มข้น

(12) เขย่าเล็กน้อย ทิ้งไว้ประมาณ 15 นาที

(13) เทสารละลายลงใน volumetric flask ชนิด polypopylene ขนาด 50 mL ปรับปริมาตรด้วย 95% Ethanol

(14) วัดด้วย Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 550 nm เทียบกับ Standard

(15) ทำ Standard set ของโบรอน (B) เช่นเดียวกับตัวอย่างดิน ตั้งแต่ ข้อ (7)-(14)



คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช ฯ 169

ง. การคำนวณ

$$\begin{aligned} B \text{ (mg kg}^{-1}\text{)} &= \frac{V_2}{c} \times \frac{b}{a} \times \frac{V_1}{A} \times R \\ &= \frac{50}{1} \times \frac{10}{10} \times \frac{50}{25} \times R \end{aligned}$$

$$B \text{ (mg kg}^{-1}\text{)} = 100 \times R$$

V_1 = ปริมาตรของน้ำกลั่น 50 mL

V_2 = ปริมาตรของสารละลายที่ใช้วัดโบรอน (B) 50 mL

A = น้ำหนักดิน 25 g

a = ปริมาตรของสารละลายตัวอย่าง 10 mL

b = ปริมาตรของสารละลาย 2-Ethyl-1, 3-haxanediol 10 mL

c = ปริมาตรของสารละลายตัวอย่างสกัด 1 mL

R = ค่าที่วัดได้จากเครื่อง (mg L⁻¹)



วิธีวิเคราะห์ธาตุที่เป็นพิษ

ธาตุที่เป็นพิษต่อพืชในดินที่มีความสำคัญเพราะมีผลกระทบต่อโดยตรงและโดยอ้อมต่อพืช ถ้ามีปริมาณมากในดินจะเป็นพิษต่อพืช ธาตุนี้ก็คือ อะลูมิเนียม (Al) และโซเดียม (Na) ดังนั้นจึงต้องวิเคราะห์ 2 ธาตุนี้ด้วย

1. อะลูมิเนียมแลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Aluminon ; exch. Al)

อะลูมิเนียมในดินมีหลายรูปด้วยกัน (Jackson, 1961) และพบเสมอในรูปของกิบไซต์หรือตกตะกอนในรูปของ $Al(OH)_3$ ในสภาพความเป็นกรด อะลูมิเนียมเกิดขึ้นในรูปของสารประกอบ ซึ่งในดินที่มีปฏิกิริยาเป็นกรดจะมีอะลูมิเนียมที่ละลายอยู่ในรูป Al^{3+} ซึ่งเป็นอันตรายต่อพืชหลายชนิด ทำให้พืชชะงักการเจริญเติบโต และถ้ามีปริมาณอะลูมิเนียมมากอาจทำให้พืชถึงตายได้ แต่ถ้าปรับ pH ของดินให้สูงขึ้น การละลายของอะลูมิเนียมจะลดลง จากการทดลองของนักวิทยาศาสตร์หลายคนพบว่า เมื่อระดับ pH ของดินเพิ่มขึ้น การละลายของอะลูมิเนียมจะลดลงไม่ว่า pH ของดินจะสูงขึ้นเนื่องจากรีดักชันของดิน โดยการใส่ปูนหรือการชะล้างดิน และถ้า pH ของดินมากกว่า 5.5 อะลูมิเนียมจะตกตะกอนหมด

การวิเคราะห์ปริมาณอะลูมิเนียมมีหลายวิธีด้วยกัน แตกต่างกันที่สารละลายสกัด ทุกวิธีพยายามที่จะหาความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตของพืชและความเป็นพิษของอะลูมิเนียมในดินที่มี pH ต่ำ สารละลายสกัดบางชนิดมี ionic strength สูง เช่น สารละลาย 1 N KCl ซึ่งสกัดอะลูมิเนียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable Al) ทั้งหมดหรือเกือบทั้งหมดจากพื้นผิวของดินเหนียว และจากอินทรีย์วัตถุโดย K^+ เข้าแทนที่ Al^{3+} ที่ exchange sites วิธีวิเคราะห์อื่นๆ เช่น สารละลายสกัด low ionic strength เช่น 0.01 M $CaCl_2$ เป็นสารละลายสกัดซึ่งจะสกัดได้เฉพาะบางส่วนของอะลูมิเนียมทั้งหมดที่ดูดยึดไว้ที่ผิวของดินเหนียว และอินทรีย์วัตถุเท่านั้น



และเป็นวิธีวิเคราะห์ที่ใช้สำหรับชี้อะลูมิเนียมส่วนที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ในดิน (Peverill et.al., 1999) ดังนั้นจึงเป็นข้อสงสัยว่าอะลูมิเนียม (Al) จะเป็นประโยชน์ต่อพืชหรือไม่ บางประเทศ เช่น ประเทศออสเตรเลีย ใช้สารละลายสกัดหลายชนิดแตกต่างกันไปแต่ละพื้นที่ และแต่ละพืชด้วย ทั้งนี้ ขึ้นอยู่กับว่ามีความสัมพันธ์ต่อผลผลิตของพืชหรือไม่ อย่างไรก็ตาม สำหรับวิธีที่ใช้ในห้องปฏิบัติการนี้ใช้วิธีสกัดด้วยสารละลาย 1 N KCl เพื่อนำไปพิจารณาระดับ Al ที่เป็นพืชต่อพืชซึ่งเป็นที่เข้าใจกันทั่วไป

การวัดอะลูมิเนียมมีหลายวิธีด้วยกัน วิธีหนึ่งคือ หลังจากสกัดด้วยสารละลายสกัดแล้ว ไทเทรตหาความเป็นกรดที่แลกเปลี่ยนได้ซึ่งมีทั้งไฮโดรเจนไอออนและอะลูมิเนียมไอออนด้วยต่างมาตรฐาน หลังจากนั้นไทเทรตอะลูมิเนียมไอออน แล้วหักออก จะได้ปริมาณไฮโดรเจนไอออน อีกวิธีหนึ่งที่นิยมใช้ คือการพัฒนาสีด้วย Aluminon (Aurin tricarboxylic acid) ซึ่งจะทำปฏิกิริยากับ Al ได้สารละลายสีแดงเข้ม pH ที่จะทำให้เกิดสีเห็นชัดควรจะอยู่ระหว่าง 3.7-4.0 และควรใส่สารละลายบางชนิดคือ acetate buffer จะช่วยแก้หรือปรับ pH ที่แตกต่างกันในแต่ละตัวอย่าง Thioglycollic เพื่อแก้ไขสิ่งรบกวน (interference) ที่เกิดจากเหล็กและ gum acacia จะช่วยให้สารละลายอยู่ในสภาพแขวนลอยคงที่ สำหรับการกำจัดไอออนที่รบกวนอื่นๆที่เกิดจากฟอสเฟตและซิลิเกตนั้นต้องทำให้สารละลายซึ่งเป็นกรดนั้นร้อนโดยการต้ม การพัฒนาเป็นสีแดงของ Aluminon จะเกิดขึ้นหลังจากทิ้งไว้ 1-2 ชั่วโมง และจะคงที่เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

วิธีวิเคราะห์ Exchangeable Al โดยใช้ Aluminon (McLean, 1965)

- ก. อุปกรณ์ และเครื่องมือ
 - (1) กระจก مخروط No. 5 ขนาด 12.5 cm
 - (2) ขวดปริมาตรขนาด 50 mL
 - (3) หลอดแก้ว ขนาด 10 mL



172 คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช ฯ

- (4) บีกเกอร์ ขนาด 250 mL
 - (5) ปิเปตต์ ขนาด 2, 10 mL
 - (6) กรวยกรอง
 - (7) หม้อต้มควบคุมอุณหภูมิ
 - (8) เครื่องเขย่า
 - (9) Spectrophotometer
- ข. สารเคมี สารละลาย และ วิธีเตรียม
- (1) สารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ 1 N KCl
ละลาย 74.56 g โพแทสเซียมคลอไรด์ ในน้ำกลั่น 1 L
 - (2) สารละลายบัฟเฟอร์ของอะลูมินัม (Aluminon buffer solution)
 - (2.1) ละลาย 200 g ของ แอมโมเนียม อะซิเตท (Ammonium acetate) ในน้ำกลั่น 200 mL
 - (2.2) กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 189 mL
 - (2.3) ละลาย 0.75 g ของ Ammonium- Aurin tricarboxylate ด้วยน้ำกลั่น 100 mL
 - (2.4) ละลาย 15 g กัมอะคาเซีย (Gum Acacia) ในน้ำกลั่น 10 mL แล้ว นำไปอุ่นให้ละลาย
 - (2.5) ผสมสารละลาย ข้อ (2.1) - ข้อ (2.4) แล้วกรองของผสมที่ได้ปรับให้ได้ pH 3.5 ด้วย NH_4OH หรือ Acetic acid ปรับปริมาตรทั้งหมดให้ได้ 1,500 mL
 - (3) สารละลาย 1% กรดไทโอไกลคอลลิก (Thioglycollic acid)
ปิเปตต์ 1mL Thioglycollic acid ปรับปริมาตรเป็น 100 mL ด้วยน้ำกลั่น
 - (4) สารละลายมาตรฐานอะลูมินัม (Standard Aluminum Solution) Stock Solution (500 mg L^{-1})



คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช ๑ 173

ละลาย 8.792 g $KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ ในน้ำกลั่นแล้วทำให้
เป็น 1 L

(5) Working Solution (10 mg L^{-1})

ปิเปตต์ 500 mg L^{-1} 10 mL ทำให้เป็น 500 mL

ค. วิธีการ

(1) ชั่งดิน 1 g ลงในหลอดแก้ว (test tube) 10 mL

(2) ใส่สารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ 10 mL ลงไป เขย่า 1
นาที ทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง กรองลงใน 50 mL volumetric flask ปรับให้ได้
ปริมาตรด้วยสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์

(3) ปิเปตต์สารละลายที่สกัดได้มา 2 mL ลงใน volumetric
flask 50 mL

(4) เติม 2 mL Thioglycollic acid

(5) เติม 10 mL สารละลาย Aluminon Buffer

(6) เติมน้ำกลั่น 10 mL

(7) นำไปต้มในหม้อน้ำเดือดที่ควบคุมอุณหภูมิ เป็นเวลา
15 นาที

(8) เอาออกมาตั้งทิ้งให้เย็น เติมน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 50 mL

(9) ปิเปตต์สารละลายมาตรฐาน 10 mg L^{-1} จำนวน 0, 1, 2,
3, 4, 5 mL ลงในขวดปริมาตร 50 mL ซึ่งจะมีความเข้มข้นเท่ากับ 0, 0.2,
0.4, 0.6, 0.8 และ 1.0 mg L^{-1} ตามลำดับ ปรับสีเหมือนวิธีวิเคราะห์ดินใน
ข้อ (4)-(8) ทิ้งไว้สัก 1-2 ชั่วโมง นำไปวัดสีด้วยเครื่อง Spectropho-
tometer ที่ความยาวคลื่น 530 nm

ง. การคำนวณ

$$\text{Exchangeable Al} = \frac{R \times B \times D}{C \times A} \text{ mg kg}^{-1}$$



174 คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช ฯ

$$= \frac{R \times B \times D \times 10^2}{C \times A} \times \frac{1}{10^3} \times \frac{1}{MW/3} \text{ cmol kg}^{-1}$$

- เมื่อ
- A = น้ำหนักของดิน (g)
 - B = ปริมาตรสารละลายสกัด (mL)
 - C = ปริมาตรสารละลายที่ดูมาใช้ (mL)
 - D = ปริมาตรสารละลายที่ปรับสีแล้ว (mL)
 - R = ค่าที่อ่านได้จากเครื่อง (mg L^{-1})

MW = molecular weight ของ Al

หมายเหตุ สารละลาย Aluminon Buffer Solution จะ Stable ภายใน 6 เดือน

ระดับปริมาณของอะลูมิเนียมแลกเปลี่ยนได้ในดิน (Osborne, 1985)

ระดับ	ปริมาณอะลูมิเนียมแลกเปลี่ยนได้ในดิน (cmol kg^{-1})
ต่ำมาก	< 1
ต่ำ	1-5
ปานกลาง	5-9
สูง	9-13
สูงมาก	> 13

2. โซเดียมที่สกัดได้ (Extractable Sodium ; Extr. Na)

โซเดียมไม่ใช่ธาตุอาหารพืช แต่เป็นธาตุที่มีบทบาทสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช กล่าวคือ ถ้ามีมากเกินไปจะเป็นอันตรายต่อพืช ทำให้ดินเป็นดินโซดิก หรืออาจเป็นดินเค็มโซดิกได้ ซึ่งพืชจะไม่เจริญเติบโตให้ผลผลิตลดลงและถ้าเค็มมากและมีโซเดียมสูงพืชอาจถึง



ตายได้ โดยความเค็มมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชสองประการคือ ความดันออสโมติก (osmotic pressure) และความเป็นพิษของโซเดียม ซึ่งความดันออสโมติกนั้นเมื่อเกิดขึ้นแล้วพืชจะใช้ประโยชน์น้ำได้ลดลง และความเป็นพิษของโซเดียมนั้นจะทำให้การดูดของโพแทสเซียมลดลง เนื่องจากความสัมพันธ์ของประจุบวกโซเดียมและโพแทสเซียมสำหรับ พืชนั้นเป็น antagonism คือ ถ้ามีประจุบวกใดมากจะทำให้การดูดประจุ อีกชนิดหนึ่งลดลง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องวิเคราะห์ปริมาณโซเดียมที่ สกัดได้เพื่อทราบปริมาณโซเดียมว่ามีปริมาณที่เป็นพิษต่อพืชหรือไม่

ดินส่วนมากปริมาณของโซเดียมส่วนใหญ่อยู่ในแร่ซิลิเกต อย่างไรก็ตาม ในดินเค็มหรือดินโซดิก โซเดียมในรูปละลายได้ และ โซเดียมในรูปที่แลกเปลี่ยนได้จะมีมาก ปกติแล้วโซเดียมในดินมีน้อยกว่าร้อยละ 2 โซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้มีปริมาณไม่แน่นอน ตั้งแต่ร้อยละ มากจนถึงสูงมาก ทั้งนี้ขึ้นกับการอิมตัวของโซเดียม และความจุความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC) สำหรับโซเดียมที่ละลายได้นั้น เช่นเดียวกันมีปริมาณตั้งแต่ร้อยละน้อยมากจนถึงสูงมากซึ่งขึ้นอยู่กับความเค็ม ของดิน

การวิเคราะห์ดินใช้สารละลายสกัด NH_4OAc 1 N pH 7 เช่นเดียวกับประจุบวกอื่น โดยการแทนที่ Na^+ ด้วย NH_4^+ แล้ววัดค่าจาก Flame Photometer

ก. อุปกรณ์ และเครื่องมือ

- (1) ขวดชมพู่ (erlenmeyer flask) ขนาด 50 mL
- (2) กระจกกรอง No. 5 ขนาด 12.5 cm
- (3) ปิเปตต์ (pipette)
- (4) dispenser



176 คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช ฯ

- (5) หลอดแก้ว (test tube)
- (6) เครื่องชั่ง
- (7) เครื่องเขย่า
- (8) เครื่องเจือจางสารละลาย (Auto Dilutor)
- (9) Flame photometer
- (10) เครื่องวัด pH

ข. สารเคมี สารละลายและวิธีเตรียม

- (1) สารละลายแอมโมเนียมอะซิเตท (ammonium acetate solution)

1 N pH 7.0

ผสม 57 mL ของกรดน้ำส้ม (glacial acetic acid) และ 68 mL ของแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ ในน้ำกลั่นให้มีปริมาตร 1 L แล้วปรับ pH ให้สารละลายมี pH 7

- (2) สารละลายโซเดียมมาตรฐาน $1,000 \text{ mg L}^{-1}$

ละลาย 2.542 g ของโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ที่อบแห้ง อุณหภูมิ $105 \pm 5^\circ\text{C}$ ในน้ำกลั่นทำให้มีปริมาตร 1 L

- (3) สารละลายมาตรฐานโซเดียม 100 mg L^{-1}

ปิเปตต์สารละลายข้อ (2) 10mL ปรับปริมาตรเป็น 100 mL ด้วยน้ำกลั่น

- (4) Standard set ของโซเดียม

สารละลายข้อ (3) ให้มีความเข้มข้น 0, 5, 10, 15 และ 20 mg L^{-1} ด้วยน้ำกลั่น

(5) สร้างกราฟมาตรฐานเพื่อใช้ในการปรับเครื่องปัจจุบันสวนวิจัยเคมีดินใช้ Standard 8 mg L^{-1} เป็นตัวปรับเครื่อง Flame photometer



คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช ฯ 177

ค. วิธีการ

- (1) ชั่งดิน 2.5 g ใส่ในขวดชมพู่ ขนาด 50 mL
- (2) เติมสารละลายสกัด NH_4OAc 1 N pH 7.0 25 mL
- (3) เขย่า 30 นาที ด้วยเครื่องเขย่า
- (4) กรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 5 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง

12.50 cm

(5) ใช้สารละลายมาตรฐานข้อ ข.(4) 8 mg L^{-1} เป็นตัวปรับเครื่อง Flame Photometer ที่ความยาวคลื่น 295 nm

(6) สารละลายที่กรองได้ ข้อ (4) วัดปริมาณโซเดียม (Na) โดยเครื่อง Flame photometer ถ้ามีความเข้มข้นมากต้องเจือจางด้วยน้ำกลั่น

ง. การคำนวณ

$$\text{โซเดียมที่สกัดได้ (extr. Na)} = \frac{D \times df \times B}{A} \text{ mg kg}^{-1}$$

เมื่อ

A = น้ำหนักของตัวอย่างดิน (g)

B = ปริมาตรของสารละลายแอมโมเนียมอะซิเตทที่ใช้สกัด (mL)

df = อัตราส่วนการเจือจาง (Dilution factor) (เท่า)

D = ความเข้มข้นของโซเดียมเมื่อเทียบกับความเข้มข้น

มาตรฐาน (mg L^{-1})



เอกสารอ้างอิง

- คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2541. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. ภาควิชา
ปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
547 น.
- ยงยุทธ ไสถธสภ. 2543. ธาตุอาหารพืช. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 424 น.
- Bardsley, C. E. and J. D. Lancaster. 1965. Acetate-soluble sulphate, pp.
406-407. In C.A. Black (ed.) Methods of Soil Analysis Part 2
Chemical and Microbiological Properties. Amer. Soc. of Agron.
Inc., Madison, Wisconsin, USA.
- Berger, K. C. and E. Truog. 1939. Boron determination in soils and
plants. Ind. Eng. Chem., Anal. Ed. 11:540-545
- Bray, R.H. and L.T. Kurtz. 1945. Determination of total organic and avail-
able forms of phosphorus in soils. Soil Sci. 59:39-45.
- Bremner, J.M. 1965. Nitrogen, pp. 699-799. In C.A. Black (ed.) Methods
of Soil Analysis Part 2 Chemical and Microbiological Proper-
ties. Amer. Soc. of Agron. Inc., Madison, Wisconsin, USA.
- Chen. Y. and P. Barak. 1982. Iron nutrition of plants in calcareous soils.
Adv. Agron.35:217-240.
- Dible, W. T., E Truog. and K.C. Berger. 1954. Boron determination in
soils and plants. Simplified curcumin procedure. Anal. Chem.
26:418-421.



คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช ๑ 179

- Heintze, S.G. 1957. Studies on soil manganese. J. Soil Sci. 8:287-300.
- Hue, N.V. and C.E. Evans. 1978. Soil Testing Laboratory. Procedures used by the Auburn University.USA.
- Jackson, M.L. 1958. Soil Chemical Analysis. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J. pp.219-221.
- Jackson, M.L. 1961. Structural role of hydrogen in layer silicates during soil genesis. Trans. Intern. Congr. Soil Sci. 7th Madison. Vol. II:445-455.
- Lindsay, W.L., and W.A. Norvell. 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, manganese and copper. Soil Sci. Soc. Amer. J.42:421-428.
- McLean, E.O. 1965. Exchangeable aluminum by colorimetric measurement using aluminon, pp. 988-989. In C.A. Black (ed.) Methods of Soil Analysis Part 2 Chemical and Microbiological Properties. Amer. Soc. of Agron. Inc., Madison, Wisconsin, USA.
- Mehlich, A.1978. New extractant for soil test evaluation of phosphorus, potassium, magnesium, calcium, sodium, manganese and zinc. Commun in Soil Science And Plant Analysis 9(6): 477-492.
- Murphy, J.M. and J.P. Riley. 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural water. Anal. Chem. 34:170-174.



180 คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช ๑

- Naftel, J.A. 1939. Colorimetric micro determination of boron. *Ind. Eng. Chem., Anal. Ed.* 11:407-409.
- Olsen, S.R., C.W. Cole, F.S. Watanabe and L.A. Dean. 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with NaHCO_3 . *USDA. Agric.* 939. p.
- Pevevill, K.I., L.A. Sparrow and D.J. Reuter. 1999. *Soil analysis and interpretation manual.* Australian soil and Plant Analysis Council Inc. 369 p.
- Reid, P.H. and C. Copeland. 1969. *Analytical Methods used by the Soil Testing Division, N.C.D.A., Raleigh, N.C. Mimeo.*
- Shaw, E. and Dean, L.A. 1951. The use of dithizone as an extractant to estimate the zinc nutrient status of soils. *Soil Sci.* 73:341-347.
- Silverman, L. and K. Trego. 1953. Colorimetric micro determination of boron by the curcumin-acetone solution method. *Anal. Chem.* 25:1264-1267.
- Viets, JR. and L.C. Boawn 1965. Zinc, pp. 1090:1101. In C.A. Black (ed.) *Methods of Soil Analysis Part 2 Chemical and Microbiological Properties.* Amer. Soc. of Agron. Inc., madison, Wisconsin, USA.
- Viet, F.G. and W.L. Lindsay. 1973. Testing Soils for zinc, copper, manganese and iron, pp. 153-172. *In* L.M. Walsh and I.D. Beaton (eds.). *Soil Testing and Plant Analysis.* Soil Sci. Soc. Amer., Inc., Madisan Wisconsin.



คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช ๑ 181

Soil Survey Laboratory. 1992. Soil Survey Laboratory Methods Manual.

Soil survey investigations report no. 42 version 2.0 400 p.

Watanabe, F.S. and S.R. Olsen. 1965. Test of an ascorbic acid method for determining phosphorus in water and NaHCO_3 extracts from soil. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 29:677-678.







สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน
กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
2003/61 ถนนพหลโยธิน แขวงลาดยาว
เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900
โทรศัพท์ 0-2561-3167

ที่ปรึกษา

นายณรงค์ ชินบุตร
ผู้อำนวยการสำนักวิทยาศาสตร์
เพื่อการพัฒนาที่ดิน

คณะผู้จัดทำ

ส่วนวิจัยเคมีดิน

นางชูจิตต์ สงวนทรัพย์ากร
นางละเอียด สีนฤเสน
นางนพมณี สุวรรณัง
น.ส.สุวรรณีย์ ภูธรธราช
นายรัตนชาติ ช่วยนุดดา
น.ส.ปิ่นเพชร บุญสุข

ส่วนวิจัยกายภาพดิน

นางสาวดรุณี ชัยโรจน์
นางนฤมล จันทวีชรากร
นายสันติ รัตน์อานุกาพ

ส่วนวิจัยสิ่งแวดล้อม

นางนิตยาพร ตันมณี
นางอรทัย ศุกรีย์พงศ์
น.ส.ชนิดา จรัญวรพรรณ
น.ส.ละไม ศรีสวัสดิ์



184 คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช ฯ

ส่วนวิเคราะห์วิจัยพืช ปุ๋ย และวัสดุปรับปรุงดิน

นางประเทือง	ตรีเพชร
นางไพลิน	บุญวิทยา
น.ส.สรวงธิดา	ลิปิมงคล
นายสุรเชษฐ์	นารามภัทร์

ส่วนวิทยบริการ

นางชูศรี	สุขวิวัฒน์
น.ส.นภาพร	เมฆลอย
นางสุจจารี	พินิจ
น.ส.ทัศนีย์	หนูมโน

ศูนย์รับรองมาตรฐานสินค้า

น.ส.จุฑารัตน์	คำนึ่งกิจ
---------------	-----------

ผู้ประสานงานและจัดรูปเล่ม

นางอรทัย	ศุภรียพงษ์
นายสันติ	รัตนอนุภาพ
นายจิราวุฒิ	เวียงวงษ์งาม



พิมพ์ครั้งที่ 1

กัณฑ์ 2547

จำนวน 200 เล่ม

สงวนลิขสิทธิ์

ISBN 974-9537-35-1

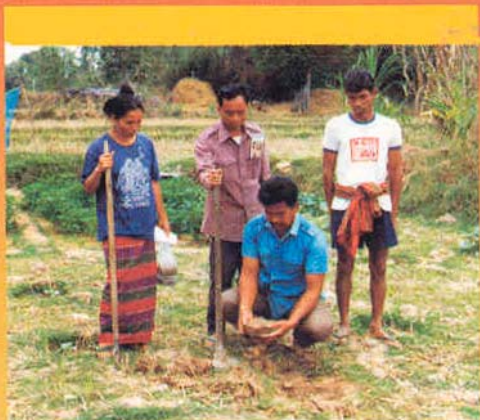
จัดพิมพ์โดย

สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน

2003/61 ถนนพหลโยธิน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

โทร.02561-3167

พิมพ์ที่ บริษัท ดับบลิว.เจ. พรินท์เพอตี จำกัด โทร.0-2616-3400-5



คู่มือการวิเคราะห์
ตัวอย่างดินน้ำ ปุ๋ย พืช
วัสดุปรับปรุงดิน และการวิเคราะห์
เพื่อตรวจรับรองมาตรฐานสินค้า